



TUGAS AKHIR – RC18-4803

**STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA**

HADIYOGA TJITRO
NRP.03111540000061

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – RC-18-4803

**STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE
ARUNDAYA**

HADIYOGA TJITRO
NRP 0311 15 400 00061

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT – RC-18-4803

STUDY OF BEAM COLUMN JOINT WITH SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS 3101.1:2006, AND EN 1992:2004 AGAINST SEISMIC LOAD ON THE STRUCTURE OF THE ARUNDAYA BUILDING

HADIYOGA TJITRO
NRP 0311 15 400 00061

Academic Supervisor I
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Academic Supervisor II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Program studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

HADIYOGA TJITRO
NRP. 03111 15 400 00061

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Tavo  (Pembimbing I)

2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka  (Pembimbing II)

**SURABAYA
JANUARI, 2019**

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA**

Nama Mahasiswa : Hadiyoga Tjitro
NRP : 03111540000061
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
: Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

ABSTRAK

Semakin banyak populasi manusia di Indonesia, secara langsung akan menimbulkan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas umum. Oleh karena itu, lahan yang cukup luas juga dibutuhkan untuk memenuhi permintaan tersebut. Akan tetapi, lahan kosong sudah sangat terbatas, karena pembangunan yang semakin pesat, sehingga pembangunan gedung bertingkat dipilih sebagai solusi. Pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar menggunakan struktur beton bertulang. Struktur ini meliputi struktur plat, struktur balok dan struktur kolom. Antara struktur balok dan struktur kolom memiliki pertemuan sambungan di antara keduanya.

Pada suatu struktur rangka beton bertulang, daerah sambungan balok kolom merupakan daerah kritis yang harus didesain secara khusus untuk berdeformasi inelastik pada saat terjadinya gempa (Setiawan, 2012). Akibat yang timbul dari momen kolom di atas dan di bawahnya, serta momen-momen dari balok pada saat memikul beban gempa, daerah sambungan balok kolom akan mengalami gaya geser horizontal dan vertikal yang besar. Gaya geser ini akan timbul pada balok dan kolom yang terhubung, akibatnya apabila daerah sambungan balok kolom tidak direncanakan dengan benar, akan menimbulkan keruntuhan geser yang bersifat getas dan membahayakan pengguna bangunan.

Perencanaan sambungan balok kolom ini harus memperhatikan peraturan gempa yang ada, karena sambungan balok dan kolom merupakan daerah interaksi tegangan yang sangat tinggi akibat gaya gempa (Ristanto, 2016). Untuk mendapatkan desain suatu struktur bangunan yang aman serta tahan terhadap gempa bumi, maka struktur juga harus direncanakan sedemikian rupa mematuhi aturan konstruksi yang sudah ada. Karena peraturan konstruksi di suatu negara memiliki kelebihan yang berbeda-beda dan dirancang menurut kebutuhan negara itu sendiri, maka penulis akan menganalisa peraturan sambungan balok kolom dari Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013 yang mengadopsi peraturan ACI 318M-11, American Concrete Institute (ACI 318M-14), Standards New Zealand (NZS 3101.1:2006), dan Eurocode (EN 1992:2004).

Dari hasil analisa yang dilakukan, diharapkan nantinya akan didapatkan kesimpulan dan keefektifan untuk desain sambungan tahan gempa, sehingga dapat direncanakan desain sambungan tahan gempa yang lebih baik.

Kata kunci: Sambungan Balok Kolom, Geser, Balok, Kolom, Gempa, Desain.

**STUDY OF BEAM COLUMN JOINT WITH SNI
2847:2013, ACI 318M:14, NZS 3101.1:2006, AND EN
1992:2004 AGAINST SEISMIC LOAD ON THE
STRUCTURE OF THE ARUNDAYA BUILDING**

Student Name : Hadiyoga Tjitra
NRP : 03111540000061
Departement : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Academic Supervisor : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
: Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

ABSTRACT

More and more human populations growth in Indonesia, will directly cause community needs against public facilities. Therefore, sufficient land is also needed to fulfill those demand. However, vacant land has been very limited because of the development is getting bigger day by day, so the construction of multi-storey buildings were chosen as a solution. The construction of a multi storey building these day, mostly used reinforced concrete. This structure cover plate, beam, and column structure. Between the structure of the beam structure and column, has a joint in these elements.

On a reinforced concrete frame structure, area of beam-column joint is a critical area that must be specifically designed for inelastic deformation at the time of the earthquake occurs (Setiawan, 2012). The consequences that come up from column moments above and below also the moments of the beam when carrying earthquake loads, area of beam-column joint will have a bigger horizontal shear force and vertical shear force. This shear force will appear in the beam and column that connected each other, as a result if the area of joint are not planned properly, will cause shear failure which is brittle and endanger the building user.

This beam-column joint should follow to the existing earthquake regulations, because of beam-column joint are very

high interaction area due to earthquake forces (Ristanto, 2016). To get the design of a building structure that is safe and resistant to the earthquake, then the structure must also be planned to comply with existing construction rules. Because the regulations in several country have different advantages and designed according to the needs of the country itself, therefore, the author will analyze beam-column joint from Requirements for Structural Concrete Building SNI 2847:2013 adopted from ACI 318M-11, American Concrete Institute (ACI 318M-14), Standards New Zealand (NZS 3101.1:2006), dan Eurocode (EN 1992:2004).

From the results of the analysis, expected later obtained a conclusions and effectiveness for joint design that resistant to earthquake forces, so that, will get a better design resistant to the earthquake forces.

Keywords: Beam Column Joint, Shear, Beam, Column, Earthquake, Design.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Studi Hubungan Balok Kolom dengan Peraturan SNI 2847:2013, ACI318M-14, EN 1992:2004, dan NZS 3101.1&2:2006 Terhadap Beban Gempa Indonesia pada Struktur Gedung The Arundaya** dengan baik dan tepat waktu.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa pengerjaan ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Atas seluruh dukungan dan bimbingan dalam penyelesaian Proposal Tugas Akhir, maka penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Tavo S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen konsultasi Tugas Akhir 1 yang selalu memotivasi dan membimbing penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka selaku dosen konsultasi Tugas Akhir 2 dan dosen wali yang mendukung untuk menyelesaikan perkuliahan dengan lulus tepat waktu.
3. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan agar mencapai hasil yang bagus.
4. Seluruh dosen Teknik Sipil ITS yang secara tidak langsung memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
5. Seluruh teman-teman ITS khususnya jurusan Teknik Sipil ITS angkatan 2015 yang telah membantu penulis apabila terdapat permasalahan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Komunitas "*Connect Group*" yang membantu penulis untuk diberikan semangat dan didoakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Vinson Intar Zakaria dan Andreas Satya Putra yang membantu penulis dalam mendesain dan merencanakan Gedung The Arundaya pada tugas akhir ini

8. Flashdisk Agil Aditya Arba Saputra yang telah dipinjamkan untuk pengerjaan tugas akhir, tanpanya tugas akhir ini tidak akan berjalan dengan baik dan lancar.
9. Adnya, Ary , dan segenap kru Bali yang telah membantu penulis dalam menganalisis hitungan pada tugas akhir ini.

Dengan segenap kerendahan hati, penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima masukan berupa kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat baik bagi penulis maupun bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Elemen Struktur pada Bangunan Gedung	5
2.2.1. Balok	5
2.2.2. Kolom.....	5
2.3. Pertemuan Balok Kolom.....	6
2.3.1. Balok Kolom Interior	7
2.3.2. Balok Kolom Eksterior.....	7
2.4. Pola Retak Hubungan Balok Kolom	8
2.5. Hubungan Balok Kolom pada SRPM.....	9
2.6. Gaya yang Bekerja pada Hubungan Balok Kolom	10
2.7. Peraturan Sambungan Balok Kolom	12
2.7.1. Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013	12
2.7.2. Pedoman American Concrete Institute 318M-14	14
2.7.3. Pedoman Standards New Zealand 3101.1:2006 ..	16
2.7.4. Pedoman Eurocode 1992:2004.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	xx
3.1. Umum.....	21
3.2. Bagan Alir Perencanaan	21
3.3. Pengumpulan Data dan Studi Literatur	22

3.4. Penentuan Kriteria Desain	23
3.5. Pembebanan.....	23
3.5.1. Beban Mati.....	24
3.5.2. Beban Hidup	24
3.5.3. Beban Gempa.....	24
3.5.4. Kombinasi.....	26
3.6. Analisa Struktur (ETABS).....	26
3.7. Perencanaan Sambungan Balok Kolom.....	27
3.7.1. Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013	27
3.7.2. Pedoman American Concrete Institute 318M-14	31
3.7.3. Pedoman Standards New Zealand 3101.1:2006	34
3.7.4. Pedoman Eurocode 1992:2004.....	38
3.8. Analisis dan Kesimpulan	42
BAB IV PRELIMINARY DESIGN	43
4.1. Preliminary Design	43
4.1.1. Perencanaan Balok.....	43
4.1.2. Perencanaan Tebal Pelat.....	47
4.1.3. Perencanaan Kolom	53
4.1.4. Perencanaan Dinding Geser.....	62
BAB V PERMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR	63
5.1. Umum.....	63
5.2. Permodelan Struktur.....	63
5.3. Pembebanan Gravitasi.....	64
5.4. Pembebanan Gempa Dinamis.....	65
5.4.1. Faktor Keutamaan Gempa	65
5.4.2. Kelas Situs	65
5.4.3. Parameter Respon Spektral.....	65
5.5. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	69
5.6. Kontrol Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	71
5.7. Kontrol Sistem Ganda (<i>Dual System</i>).....	75
5.8. Kontrol Partisipasi Massa	76
5.9. Kontrol Simpangan (<i>Drift</i>).....	77
5.10. Analisa Eksentrisitas	79
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	81

6.1. Umum.....	81
6.2. Perencanaan Tangga.....	81
6.2.1. Data-data Perencanaan Tangga	81
6.2.2. Perhitungan Analisa Struktur	83
6.2.3. Perhitungan Gaya Dalam.....	84
6.2.4. Perhitungan Pelat Tangga dan Pelat Bordes	86
6.2.5. Perhitungan Balok Bordes	90
6.3. Perencanaan Pelat	93
6.3.1. Data Perencanaan	93
6.3.2. Pembebanan Pelat.....	94
6.3.3. Penulangan Pelat.....	95
6.4. Perencanaan Balok Anak.....	100
6.4.1. Perencanaan Balok Anak.....	101
6.4.2. Penulangan Balok Anak	102
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....	107
7.1. Umum.....	107
7.2. Perencanaan Balok Induk	107
7.2.1. Penulangan Lentur Balok	109
7.2.2. Penulangan Geser Balok.....	119
7.2.3. Penulangan Torsi Balok	122
7.2.4. Panjang Penyaluran Tulangan	127
7.3. Perencanaan Kolom	127
7.3.1. Data Perencanaan Kolom	128
7.3.2. Kontrol Dimensi Kolom	129
7.3.3. Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	130
7.3.4. Persyaratan Strong Column – Weak Beam.....	133
7.3.5. Tulangan Transversal untuk Pengekangan (Cross Ties)	139
7.3.6. Tulangan Transversal untuk Beban Geser.....	141
7.3.7. Sambungan Lewatan.....	145
7.4. Perencanaan Hubungan Balok Kolom.....	146
7.4.1. Hubungan Balok Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013	147
7.4.2. Hubungan Balok Kolom Berdasarkan ACI 318M:14	154

7.4.3.	Hubungan Balok Kolom Berdasarkan NZS 3101.1:2006	161
7.4.4.	Hubungan Balok Kolom Berdasarkan EN 1992:2004.....	166
BAB VIII HASIL ANALISIS.....		175
8.1.	Penulangan Geser.....	175
8.1.1.	Penulangan Geser Horizontal.....	175
8.1.2.	Penulangan Geser Vertikal	177
8.2.	Gaya Geser Nominal	179
8.2.1.	Gaya Geser Nominal di Interior	179
8.2.2.	Gaya Geser Nominal di Eksterior.....	180
BAB IX KESIMPULAN.....		181
9.1.	Kesimpulan	181
9.2.	Saran.....	183
DAFTAR PUSTAKA		185
LAMPIRAN.....		187

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Geometris Sambungan Balok Kolom Interior	7
Gambar 2.2 Geometris Sambungan Balok Kolom Eksterior	8
Gambar 2.3 Pola Retak Hubungan Balok Kolom.....	9
Gambar 2.4 Gaya-gaya pada Hubungan Balok Kolom (ACI 352:02)	11
Gambar 2.5 Geser pada Hubungan Balok Kolom	11
Gambar 2.6 Geser Desain untuk Balok Kolom (SNI 2847:2013)	13
Gambar 2.7 Pertemuan Tipe 1 dan Tipe 2.....	15
Gambar 2.8 Mekanisme Penahan Gaya Geser.....	17
Gambar 2.9 Hubungan Balok Kolom Menurut Eurocode	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan.....	22
Gambar 3.2 Peta Zona Gempa Indonesia (Ss)	25
Gambar 3.3 Peta Zona Gempa Indonesia (S1).....	25
Gambar 3.4 Ilustrasi Sambungan Balok Kolom SNI 2847:2013	28
Gambar 4.1 Variasi Balok pada Gedung The Arundaya	44
Gambar 4.2 Variasi Balok pada Gedung The Arundaya	46
Gambar 4.3 Variasi Pelat pada Gedung The Arundaya	48
Gambar 4.4 Kolom yang Ditinjau Sebagai Desain Awal.....	54
Gambar 5.1 Permodelan Struktur pada ETABS.....	63
Gambar 5.2 Peta untuk Menentukan Nilai Ss	66
Gambar 5.3 Peta untuk Menentukan Nilai S ₁	66
Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum Desain.....	69
Gambar 6.1 Denah Tangga	82
Gambar 6.2 Ketebalan Tangga.....	82
Gambar 6.3 Beban pada Tangga.....	84
Gambar 6.4 Gambar Gaya Dalam (1) Bidang N (2) Bidang D (3) Bidang M	86
Gambar 6.5 Pelat lantai tipe S1	94
Gambar 6.6 Distribusi Beban pada Balok Anak	101
Gambar 7.1 Luasan (A _{cp}) dan Keliling (P _{cp}).....	122
Gambar 7.2 Luasan (A _{oh}) dan Keliling (P _{oh}).....	123
Gambar 7.3 Detail Ikatan untuk Penyaluran Kait Standard.....	127

Gambar 7.4 Denah Kolom Basement – Lt. 4.....	128
Gambar 7.5 Diagram Interaksi P-M spColumn Lantai Atas dan Bawah K-100 cm.....	132
Gambar 7.6 Ilustrasi Momen yang Bertemu di HBK	133
Gambar 7.7 Lebar Efektif Pelat yang Digabung dengan Balok	134
Gambar 7.8 Penampang Tumpuan Balok BI3 (50/75).....	134
Gambar 7.9 Penampang Tumpuan BI3 (50/75) dan Pelat yang Disertakan untuk Perhitungan Luasan Tulangan Tarik	135
Gambar 7.10 Penampang Tumpuan Balok BI5 (40/70)	136
Gambar 7.11 Penampang Tumpuan BI5 (40/70) dan Pelat yang Disertakan untuk Perhitungan Luasan Tulangan Tarik	137
Gambar 7.12 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah.....	138
Gambar 7.13 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah $f_s = 1,25 f_y$	142
Gambar 7.14 Luas Joint Efektif.....	148
Gambar 7.15 Penulangan Transversal di Kolom	154
Gambar 7.16 Hubungan Balok Kolom Interior	163
Gambar 7.17 Gaya yang Bekerja pada Joint	168
Gambar 7.18 Simplifikasi Model dari EC8	170
Gambar 8.1 Hasil Penulangan Geser Horizontal Interior	176
Gambar 8.2 Hasil Penulangan Geser Horizontal Eksterior	177
Gambar 8.3 Hasil Penulangan Geser Vertikal Interior	178
Gambar 8.4 Hasil Penulangan Geser Vertikal Eksterior	178
Gambar 8.5 Hasil Gaya Geser Nominal di Interior	179
Gambar 8.6 Hasil Gaya Geser Nominal di Eksterior	180

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai Koefisien α	42
Tabel 4.1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang	43
Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk	45
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak.....	46
Tabel 4.4 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap.....	53
Tabel 4.5 Beban Total yang Diterima Kolom Lantai 5-Atap.....	56
Tabel 4.6 Beban Total yang Diterima Kolom Lantai Basement-4	58
Tabel 5.1 Rekap Pembebanan Gravitasi.....	64
Tabel 5.2 Parameter Percepatan Spektral Desain Surabaya Situs Tanah SD	67
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Respon Spektrum Desain.....	68
Tabel 5.4 Koefisien Batas Atas Perioda Gedung	70
Tabel 5.5 Modal Periode dan Frekuensi	70
Tabel 5.6 Berak Efektif Struktur	72
Tabel 5.7 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y.....	73
Tabel 5.8 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah <i>Scale Factor</i>	74
Tabel 5.9 Reaksi Perletakan dan Presentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Y.....	75
Tabel 5.10 Modal Partisipasi Massa	76
Tabel 5.11 Partisipasi Massa Statis dan Dinamis	76
Tabel 5.12 Batas Simpangan Antar Lantai Ijin	77
Tabel 5.13 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X.....	77
Tabel 5.14 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y.....	78
Tabel 5.15 Kontrol Eksentrisitas Aktual	79
Tabel 5.16 Perhitungan Eksentrisitas Rencana Tiap Lantai	80
Tabel 6.1 Rekapitulasi Penulangan Tangga.....	92
Tabel 6.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai	99
Tabel 6.3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap	100
Tabel 6.4 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	106
Tabel 7.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk	107
Tabel 7.2 Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik	111

Tabel 7.3 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol Kekuatan Balok ..	112
Tabel 7.4 Rekapitulasi Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Negatif.....	113
Tabel 7.5 Rekapitulasi Kontrol Batas Penulangan	115
Tabel 7.6 Rekapitulasi Kontrol Balok T.....	119
Tabel 7.7 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk.....	125
Tabel 7.8 Momen dan Gaya Aksial Kolom Lantai 3	129
Tabel 7.9 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom	130
Tabel 7.10 Rekapitulasi Penulangan Lentur	130
Tabel 7.11 Rekapitulasi Perhitungan Spasi Tulangan.....	131
Tabel 7.12 Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik	135
Tabel 7.13 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol Syarat <i>strong column – weak beam</i>	139
Tabel 7.14 Rekapitulasi Spasi Maksimum Hoop	140
Tabel 7.15 Rekapitulasi Spasi Tulangan Confinement	140
Tabel 7.16 Rekap Kontrol Nilai V_e terhadap Nilai V_u	143
Tabel 7.17 Rekap Perhitungan Gaya Geser akibat Gempa	143
Tabel 7.18 Rekap Kontrol Syarat Kontribusi Beton	144
Tabel 7.19 Rekap Perhitungan Sambungan Lewatan	146
Tabel 7.20 Rekap Perhitungan Syarat Panjang Joint	147

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin banyak populasi manusia di Indonesia, secara langsung akan menimbulkan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas umum. Oleh karena itu, lahan yang cukup luas juga dibutuhkan untuk memenuhi permintaan tersebut. Akan tetapi, lahan kosong sudah sangat terbatas, karena pembangunan yang semakin pesat, sehingga pembangunan gedung bertingkat dipilih sebagai solusi. Pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar menggunakan struktur beton bertulang. Struktur ini meliputi struktur plat, struktur balok dan struktur kolom. Antara struktur balok dan struktur kolom memiliki pertemuan sambungan di antara keduanya.

Pada suatu struktur rangka beton bertulang, daerah sambungan balok kolom merupakan daerah kritis yang harus didesain secara khusus untuk berdeformasi inelastik pada saat terjadinya gempa (Setiawan, 2012). Akibat yang timbul dari momen kolom di atas dan di bawahnya, serta momen-momen dari balok pada saat memikul beban gempa, daerah sambungan balok kolom akan mengalami gaya geser horizontal dan vertikal yang besar. Gaya geser ini akan timbul pada balok dan kolom yang terhubung, akibatnya apabila daerah sambungan balok kolom tidak direncanakan dengan benar, akan menimbulkan keruntuhan geser yang bersifat getas dan membahayakan pengguna bangunan.

Perencanaan sambungan balok kolom ini harus memperhatikan peraturan gempa yang ada, karena sambungan balok dan kolom merupakan daerah interaksi tegangan yang sangat tinggi akibat gaya gempa (Ristanto, 2016). Di Indonesia mengenai peraturan SNI (Standar Nasional Indonesia) gempa sudah ada sejak tahun 1996 sampai yang terbaru 2012. Untuk mendapatkan desain suatu struktur bangunan yang aman serta tahan terhadap gempa bumi, maka struktur juga harus direncanakan sedemikian rupa mematuhi aturan konstruksi yang sudah ada. Aturan konstruksi di

suatu negara memiliki kelebihan yang berbeda-beda bila dibandingkan dengan aturan di negara lain dan dasar-dasar aturan konstruksi suatu negara dirancang menurut kebutuhan negara itu sendiri. Negara Eropa yang memiliki persyaratan struktur bangunan gedung dengan pendetailan yang sangat rinci diatur dalam EN 1992:2004, sementara New Zealand sebagai negara tetangga dengan karakteristik gempa yang hampir sama dengan di Indonesia, mempunyai persyaratan struktur bangunan gedung yang mengaturnya yaitu NZS 3101.1:2016, sedangkan peraturan di Indonesia menggunakan SNI 2847:2013 dimana peraturan ini mengikuti perkembangan ACI 318M:11. Untuk peraturan struktur bangunan gedung di Amerika sendiri sudah mengeluarkan peraturan terbaru yaitu ACI 318M:14. Dari keempat peraturan ini, diharapkan dapat menjadi pertimbangan atau masukan untuk peraturan SNI 2847:2013 agar didapat desain struktur yang lebih efektif, sehingga peraturan yang akan dipakai dalam menganalisis pertemuan sambungan balok kolom meliputi: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013 yang mengadopsi peraturan ACI 318M-11, American Concrete Institute (ACI 318M-14), Standards New Zealand (NZS 3101.1:2006), dan Eurocode (EN 1992:2004). Di dalam peraturan tersebut mengatur dasar-dasar perencanaan sambungan balok kolom struktur gedung.

Dari latar belakang diatas maka penulis mengusulkan untuk menganalisa sambungan balok kolom dengan membandingkan peraturan antara SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004 terhadap beban gempa pada struktur gedung The Arundaya dan diharapkan nantinya akan didapatkan kesimpulan dan keefektifan untuk desain sambungan tahan gempa, sehingga dapat direncanakan desain sambungan yang lebih baik.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan ditinjau pada studi analisis ini adalah :

1. Bagaimana melakukan analisis permodelan struktur gedung The Arundaya dengan menggunakan program bantu ETABS?
2. Bagaimana merencanakan hubungan balok kolom sesuai peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004?
3. Bagaimana perbandingan hasil analisa gaya geser hubungan balok kolom antara peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004?
4. Bagaimana perbandingan hasil analisa luas dan jarak tulangan hubungan balok kolom antara peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004?
5. Bagaimana menggambar struktur dari hasil analisis perhitungan?

1.3. Tujuan

Tujuan dari analisa perbandingan metode perencanaan adalah :

1. Memodelkan dan menganalisis struktur gedung The Arundaya dengan menggunakan program bantu ETABS.
2. Merencanakan hubungan balok kolom sesuai peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004.
3. Membandingkan hasil analisa gaya geser hubungan balok kolom antara peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004.
4. Membandingkan hasil analisa luas tulangan hubungan balok kolom antara peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M-14, NZS 3101.1:2016, dan EN 1992:2004.
5. Menggambar struktur dari hasil analisis perhitungan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan dalam analisa perbandingan metode perencanaan, meliputi :

1. Peraturan pembebanan akibat beban hidup dan beban mati serta beban gempa yang digunakan sesuai dengan peraturan SNI & PPIUG.
2. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS.
3. Struktur bangunan yang direncanakan hanya sampai lantai 12.
4. Tidak mempertimbangkan manajemen konstruksi.
5. Tidak merencanakan penulangan shear wall.
6. Tidak merencanakan struktur bangunan bawah gedung.

1.5. Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan terhadap beberapa peraturan yang berbeda mengenai sambungan balok kolom, sehingga dapat dilakukan perencanaan desain sambungan tahan gempa yang lebih baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas beberapa jurnal ilmiah dan dasar teori yang berkaitan dengan analisa sambungan balok kolom dan akan dibahas dalam sub bab berikut.

2.2. Elemen Struktur pada Bangunan Gedung

Struktur bangunan adalah bagian dari sebuah sistem bangunan yang bekerja untuk menyalurkan beban yang diakibatkan oleh adanya bangunan di atas tanah. Fungsi struktur dapat disimpulkan untuk memberi kekuatan dan kekakuan yang diperlukan untuk mencegah sebuah bangunan mengalami keruntuhan. Struktur merupakan bagian bangunan yang menyalurkan beban-beban. Beban-beban tersebut menumpu pada elemen-elemen untuk selanjutnya disalurkan ke bagian bawah tanah bangunan, sehingga beban-beban tersebut akhirnya dapat di tahan. Pada bagian ini akan dibahas mengenai jenis-jenis elemen struktur bangunan gedung yang berkaitan dengan tugas akhir ini.

2.2.1. Balok

Balok beton merupakan bagian dari struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom, fungsinya sebagai penyalur momen menuju struktur kolom serta rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban. Balok juga dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser (Ristanto, 2016).

2.2.2. Kolom

Kolom merupakan suatu struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan

runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kolom merupakan bagian vertikal dari suatu struktur rangka yang menerima beban tekan dan lentur. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi (Nawiy, 1998).

2.3. Pertemuan Balok Kolom

Pertemuan balok dan kolom pada perencanaan struktur perlu mendapat perhatian yang sebaik-baiknya. Karena pada pertemuan sambungan balok kolom tersebut memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi dari gaya gempa yang ada. Tulangan atas balok pada suatu sisi kolom mengalami tegangan tarik dan bersamaan dengan itu tulangan atas balok pada sisi yang lain mengalami tulangan tekan sedangkan tulangan bawah balok masing-masing mengalami tegangan yang sebaliknya.

Dalam buku Park dan Pauly (1975), syarat-syarat penting bagi pertemuan balok dan kolom pada struktur beton bertulang antara lain:

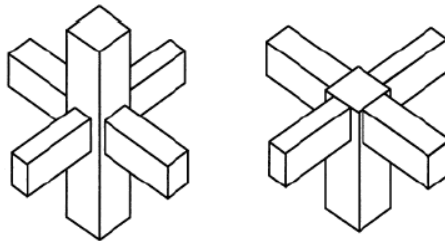
1. Harus menunjukkan kualitas penampilan dari balok atau kolomnya
2. Mempunyai kekuatan yang minimal sama dengan kombinasi pembebanan paling berbahaya.
3. Kekuatannya tidak boleh mempengaruhi kekuatan struktur misalnya karena terjadinya degradasi kekuatan.
4. Mudah pelaksanaannya, baik pada pekerjaan pengecoran maupun pada saat pemadatannya.

Dengan memberikan perhatian yang sebaik-baiknya pada pertemuan balok dan kolom akan mencegah terbentuknya sendi plastis dan terjadinya kehancuran pada daerah pertemuan tersebut.

Daerah pertemuan balok kolom dibagi menjadi 2 bagian, yaitu interior dan eksterior.

2.3.1. Balok Kolom Interior

Wight dan MacGregor (2012) menjelaskan bahwa fungsi pertemuan balok kolom pada portal adalah untuk mentransfer beban dan momen pada ujung balok ke kolom. Pertemuan balok kolom yang berada di tengah-tengah portal biasa disebut dengan *joint interior*. Gaya tarik dan tekan dari ujung balok dan gaya-gaya aksial dari kolom dapat disalurkan secara langsung melalui *joint*. Dalam pembebanan lateral, gaya-gaya seimbang dari balok dan kolom menyebabkan munculnya tegangan tarik dan tekan pada *joint* secara diagonal. Retak terjadi tegak lurus terhadap tegangan diagonal tarik pada *joint* dan pada muka *joint* dimana balok berpotongan dengan *joint*. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, akan meninjau pertemuan balok kolom interior pada tengah portal bangunan dan tengah portal atap bangunan. Dapat dilihat ilustrasi balok kolom interior pada Gambar 2.1.

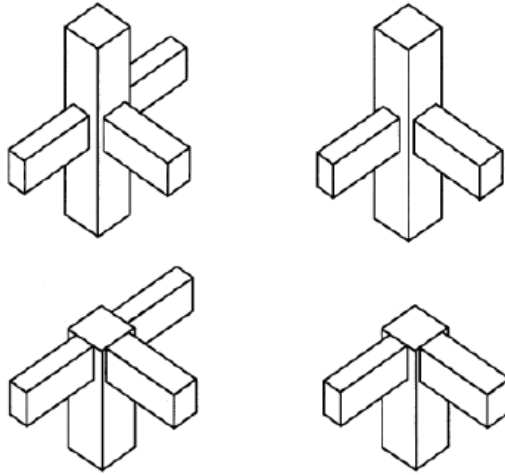


Gambar 2.1 Geometris Sambungan Balok Kolom Interior
(Wang, *et. al*, 2002)

2.3.2. Balok Kolom Eksterior

Pertemuan balok kolom eksterior biasanya terdapat pada ujung-ujung (sudut-sudut) portal bangunan. Dalam studi analisis pada tugas akhir ini, akan meninjau pertemuan balok kolom eksterior pada tepi portal bangunan dan tepi portal atap bangunan.

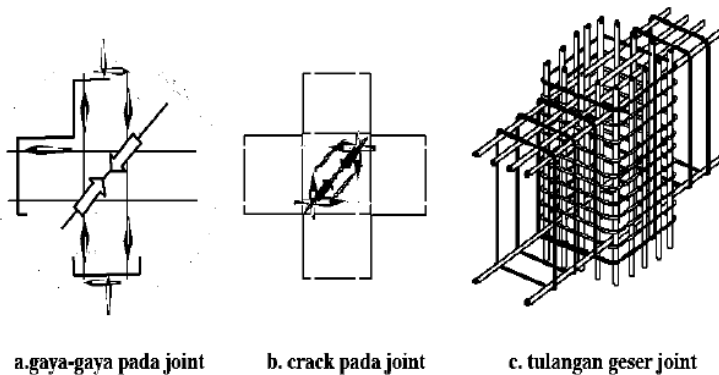
Untuk ilustrasi balok kolom eksterior dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Geometris Sambungan Balok Kolom Eksterior
(Wang, *et. al*, 2002)

2.4. Pola Retak Hubungan Balok Kolom

Menurut Widyawati (2009), retak awal (*first crack*) hubungan balok kolom terjadi pada saat beton telah melampaui regangan tarik maksimumnya akibat pembebanan. Setelah terjadi retak awal, maka kuat tarik beton maupun kuat geser beton akan bernilai nol, sehingga tulangan longitudinal maupun tulangan sengkang akan mengambil alih tugas beton untuk menahan gaya tarik maupun gaya gesernya.



Gambar 2.3 Pola Retak Hubungan Balok Kolom
(Purwanto, 2013)

Berdasarkan ilustrasi Gambar 2.3 diatas Purwanto (2013) menjelaskan bahwa pola retak awal untuk benda uji hubungan balok kolom beton dimulai dengan retak rambut pada *joint*, kemudian retak geser mulai menyerang *joint*. Kerusakan cenderung terjadi pada *joint* sehingga terjadi kegagalan struktur pada *joint* itu sendiri. Oleh sebab itu perlu adanya pengekanan yang sesuai pada daerah *joint* hubungan tersebut.

2.5. Hubungan Balok Kolom pada SRPM

Integritas menyeluruh Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) sangat tergantung pada perilaku hubungan balok kolom. SRPM memiliki ciri-ciri antara lain :

- Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom disini sangat penting.
- Tidak menggunakan dinding geser. Kalaupun ada, dinding tersebut tidak didesain untuk menahan beban lateral.
- Tidak menggunakan bresing (bracing). Untuk struktur baja, penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom. Dalam hal ini, bangunan

tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom, dan sistem bresing pada arah lainnya.

Komponen balok dan kolom yang saling bertemu pada titik simpul (*Joint*) yang berfungsi sebagai penahan beban dari gedung disebut portal. Jadi, portal merupakan suatu sistem rangka momen (SRPM) sebagai penahan beban yang bekerja pada gedung yang berupa beban horizontal dan vertikal. Sistem ini terbagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), tidak perlu adanya pendetailan spesial, komponen strukturnya hanya memenuhi syarat pasal 21.2 pada SNI 2847:2013 dan hanya dipakai untuk Wilayah Gempa 1 dan 2.
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) harus memenuhi syarat pendetailan di pasal 21.3.2 dan dipakai untuk Wilayah Gempa 3 dan 4.
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dipakai di Wilayah Gempa 5 dan 6 dan harus memenuhi persyaratan desain pada pasal 21.5.1.1 hingga 21.5.1.4.

Degradasi pada hubungan balok kolom akan menghasilkan deformasi lateral yang besar yang dapat menyebabkan kerusakan berlebihan atau bahkan keruntuhan.

2.6. Gaya yang Bekerja pada Hubungan Balok Kolom

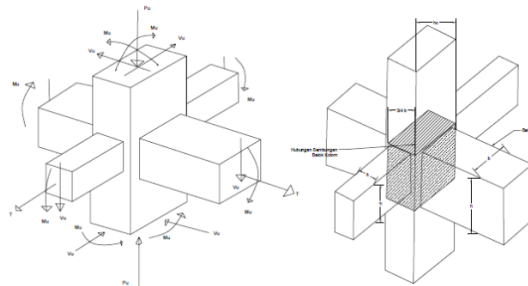
Seperti unsur-unsur pada struktur, sambungan balok dan kolom harus direncanakan terhadap semua macam gaya yang mungkin bekerja seperti, gaya aksial, momen lentur, torsi, geser, dan juga pengaruh dari rangka, susut, suhu atau penurunan tumpuan (Wang, 2002).

Faktor yang kritis dalam perencanaan pertemuan adalah pemindahan dari gaya-gaya yang berkerja pada ujung-ujung anggota struktur ke dalam dan melalui pertemuan . Suatu titik pertemuan dimana balok-balok ditumpukan pada semua sisi kolom diperlihatkan dalam Gambar 2.4.

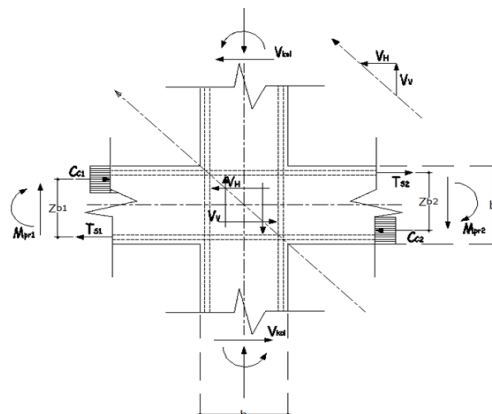
Pada Gambar 2.5, gaya T_1 dan C_1 mewakili momen negative pada ujung balok yang berada di sebelah kanan, gaya C_2 dan T_2 mewakili momen positif pada ujung balok sebelah kiri, gaya-gaya V_u pada kolom mewakili geser pada kolom di luar hubungan. Geser dalam hubungan yang potensial berpotensi menimbulkan retak geser dan dapat dinyatakan dengan :

$$V_u = T_1 + T_2 - V_{col} \quad (2.1)$$

$$V_u = f_y A_{st} + f_y A_{sb} - V_{col} \quad (2.2)$$



Gambar 2.4 Gaya-gaya pada Hubungan Balok Kolom (ACI 352:02)



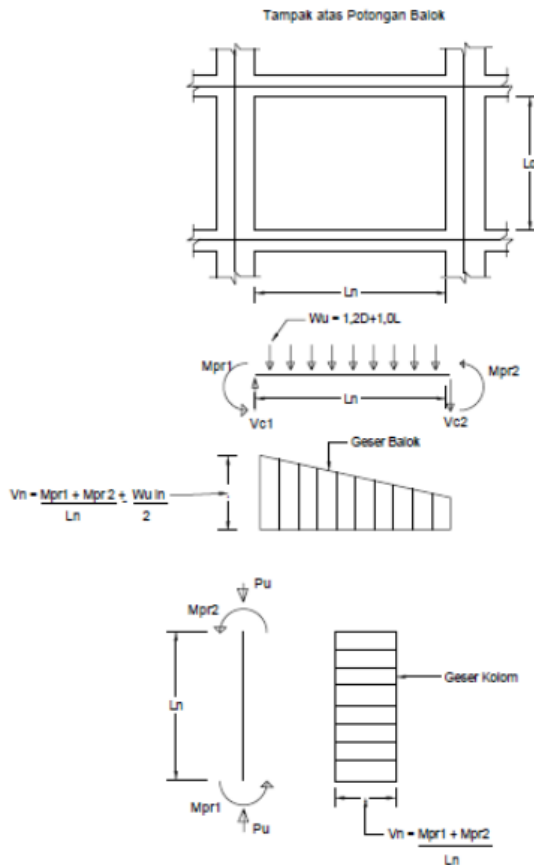
Gambar 2.5 Geser pada Hubungan Balok Kolom (Riza, 2014)

2.7. Peraturan Sambungan Balok Kolom

Daerah pertemuan antara kolom dan balok atau yang sering disebut Hubungan Balok-Kolom (HBK), merupakan daerah yang harus didetailkan dengan baik sesuai dengan aturan konstruksi yang ada. Karena perencanaan pertemuan sambungan balok kolom merupakan hal yang sangat serius diperhatikan maka perkembangan peraturan khususnya di Indonesia semakin berkembang, tercatat peraturan awal dari peraturan perencanaan sambungan balok kolom diawali dari konsep PBI 1971 namun masih berupa pernyataan biasa. Mulai dari peraturan tahun PBI 1983, PBI 1988, peraturan SNI 2847:2002 sampai yang terakhir peraturan SNI 2847:2013 sudah merujuk pada evaluasi-evaluasi perencanaan. Namun akan diambil berbagai peraturan perencanaan sambungan balok kolom dari berbagai negara untuk mendapatkan desain sambungan tahan gempa yang lebih baik.

2.7.1. Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013

Sambungan balok kolom merupakan hubungan antara pertemuan struktur balok dengan struktur kolom. Berdasarkan SNI 2847:2013 menjelaskan suatu balok yang merangka pada suatu hubungan balok kolom dianggap memberikan kekekangan bila setidaknya tiga per empat bidang muka hubungan balok kolom tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut. Hubungan balok kolom dikatakan terkekang bila ada empat balok yang merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom tersebut. Adapun hubungan pertemuan ini mempengaruhi dari gaya geser yang akan ditimbulkan baik gaya geser dari struktur balok maupun gaya geser dari struktur kolom.



Gambar 2.6 Geser Desain untuk Balok Kolom (SNI 2847:2013)

Berdasarkan SNI 2847:2013 memberikan suatu penjelasan bahwa gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,

Mpr, bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebanin dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang batangnya.

2.7.2. Pedoman American Concrete Institute 318M-14

Menurut ACI 352:02, terdapat 2 tipe pertemuan sambungan balok kolom, diantaranya adalah :

1. Tipe 1, untuk pembebanan statis dimana kekuatan menjadi kriteria utama dan tidak diharapkan terjadinya deformasi.
2. Tipe 2, untuk pembebanan gempa atau ledakan, dimana dibutuhkan kekuatan yang dipertahankan melalui tegangan bertukar kedalam daerah inelastis.

Didalam laporan tersebut membedakan hubungan sambungan balok kolom, yaitu :

- a. Pertama, pertemuan sambungan balok kolom dengan kolom yang menerus
- b. Kedua, pertemuan sambungan balok kolom dengan satu tumpuan kolom.

Umumnya pertemuan tipe satu hanya membutuhkan daktilitas nominal saja, tetapi tipe 2 membutuhkan daktilitas yang berarti seperti yang diisyaratkan peraturan gempa.

Saat ini peraturan beberapa peraturan ACI 318M-14 masih mengacu pada peraturan ACI 352-02 untuk bagian sambungan balok kolom. Hubungan dengan balok yang dikekang dari dua arah yang tegak lurus, geser horizontal pada sambungan harus diperiksa secara satu-persatu di setiap arah. Gaya geser desain V_u harus dihitung pada bidang horizontal pada tengah-tengah sambungan dengan mempertimbangkan gaya geser pada batas-batas batang yang bebas dari sambungan serta seperti tegangan normal dan gaya tekan pada batang-batang yang terkekang ke dalam sambungan. Adapun perumusan yang harus dipenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana $\phi = 0,85$ dan V_n , kuat geser nominal pada sambungan tidak melebihi dari,

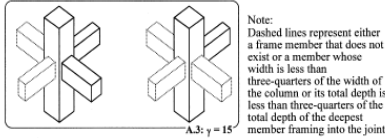
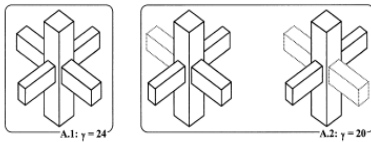
$$V_n = \gamma \sqrt{f'c} b_j h_c \quad (2.3)$$

$$V_n = 0,0083 \gamma \sqrt{f'c} b_j h_c \quad (2.4)$$

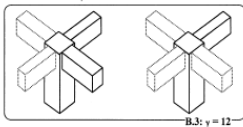
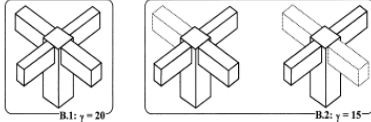
Dimana b_j adalah lebar *joint* efektif, dan h_c adalah kedalaman kolom ke arah sendi geser. H_c harus diambil nilai yang terkecil, jika kolom tidak mempunyai daerah persilangan pada penampang persegi panjang atau jika sisi-sisi penampang persegi tidak sejajar dengan bentang, maka harus diperlakukan seperti kolom persegi yang mempunyai luasan sama.

TYPE 1 CONNECTIONS

CASE A: Two columns framing into the joint

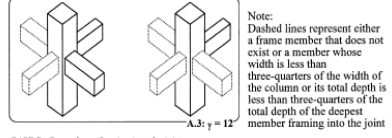
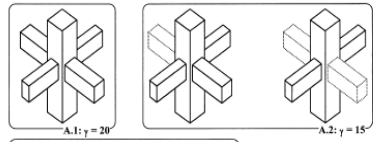


CASE B: One column framing into the joint

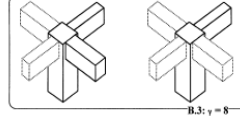
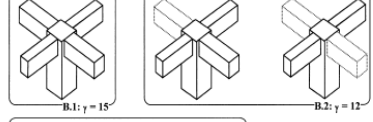


TYPE 2 CONNECTIONS

CASE A: Two columns framing into the joint



CASE B: One column framing into the joint



Gambar 2.7 Pertemuan Tipe 1 dan Tipe 2
(NZS 3101.1:2006)

Pada Gambar 2.7 membahas pertemuan di sambungan yang terkekang oleh balok dengan nilai koefisien yang berbeda-beda.

2.7.3. Pedoman Standards New Zealand 3101.1:2006

Persyaratan dasar dari sambungan kolom balok adalah bahwa ia harus bekerja dengan memenuhi terhadap beban pada saat keadaan batas layan. Bahwa kekuatan sambungan balok kolom seharusnya tidak mempengaruhi kekuatan maksimum dari struktur. Persyaratan penting lainnya adalah kemudahan konstruksi dan akses untuk menempatkan dan memadatkan beton. Desain struktur yang tepat pada sambungan sangat tergantung pada jenis pembebanan, oleh karena itu prosedur desain yang cocok untuk setiap jenis pembebanan sangat diperlukan. Gaya gempa seismik lebih besar, karena penurunan kekuatan pada sendi dapat terjadi di bawah tindakan yang berulang-ulang, oleh karena itu diperlukan sejumlah besar penguatan pada sambungan.

Menurut NZS 3101.1&2:2006, sambungan kolom balok harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Pada status batas layan, sambungan harus bekerja setidaknya sama seperti balok lain yang bersambungan;
- b. Pada keadaan batas akhir, sambungan harus memiliki kekuatan desain yang cukup untuk menahan beban kombinasi paling buruk yang ditopang oleh balok-balok di pertemuan.

Gaya desain yang dihasilkan dari beban gravitasi dan gaya angin yang bekerja pada sambungan kolom balok harus dievaluasi dari gaya dalam maksimum oleh bagian-bagian yang bertemu di sambungan. Geser gaya rencana untuk kasus beban seismik di mana daerah plastis daktail nominal yang diharapkan berdekatan dengan sambungan, harus dihitung dengan mengasumsi penguatan di daerah plastis, (f_y).

Gaya geser desain horizontal pada sambungan, V_{jh}^* , tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,20 f'_c b_j h_c$, atau, $10 b_j h_c$ dimana h_c adalah keseluruhan kedalaman kolom ke arah geser horizontal, dan lebar efektif di pertemuan, b_j , harus diambil :

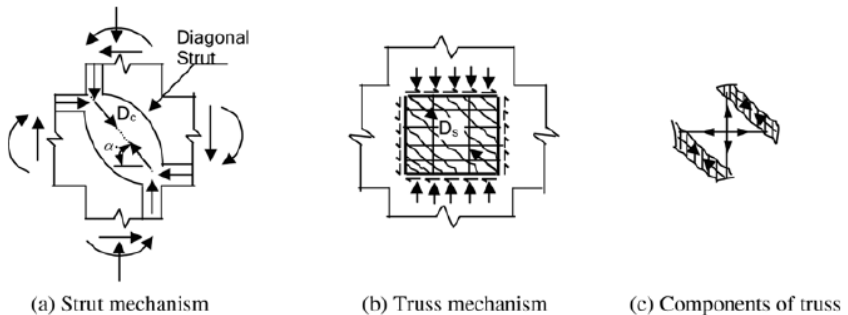
- a. Dimana, $bc \geq bw$:
 - $b_j = bc$,
 - $b_j = bw + 0,5 hc$,
dan dipilih yang terkecil;
- b. Dimana, $bc < bw$:
 - $b_j = bw$,
 - $b_j = bc + 0,5 hc$
dan dipilih yang terkecil.

Geser pada sambungan harus diasumsi dapat menahan dari mekanisme beton dan mekanisme truss, yang terdiri dari sengkang horizontal dan vertikal atau tulangan dan strut diagonal pada beton. Superposisi dari 2 mekanisme untuk horizontal dan vertikal geser pada sambungan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{jh} = V_{ch} + V_{sh} = V_{ch} + A_{jh} f_{yh} \quad (2.5)$$

$$V_{jv} = V_{cv} + V_{sv} = V_{cv} + A_{jv} f_{yv} \quad (2.6)$$

Dimana V_{ch} dan V_{cv} adalah gaya geser nominal horizontal dan vertikal yang ditransfer terhadap inti pertemuan di suatu sambungan.



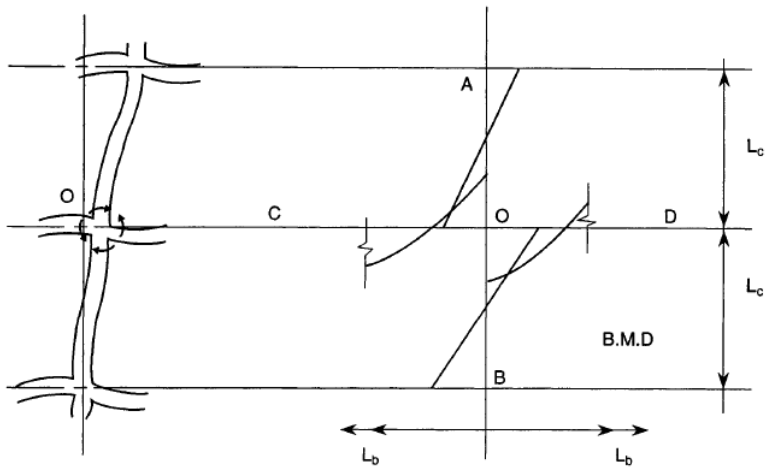
Gambar 2.8 Mekanisme Penahan Gaya Geser
(Umar dan Jain, 2006)

2.7.4. Pedoman Eurocode 1992:2004

Dalam desain kerangka beton bertulang rendah / menengah-untuk beban vertikal dan angin, besarnya gaya geser yang dibebankan pada sambungan secara umum tidak akan berada pada tingkat di mana ketentuan pendetailan diperlukan. Namun, jika kerangka kerja ini mentargetkan untuk aksi seismik, termasuk siklik bolak-balik dari aksi, maka gaya geser yang dibebankan dapat menjadi patokan besaran lebih besar daripada beban angin. EC8 memberikan ketentuan untuk desain pendetailan pada sambungan balok kolom dengan tiga tingkat yang berbeda yaitu, DC "H", DC "M", dan DC "L".

Sejak publikasi rancangan EC8 1988, hasil program penelitian yang komprehensif (yang dilakukan di Selandia Baru, Jepang, Cina dan AS), melibatkan pengujian skala besar sambungan balok-kolom-pelat bersama di bawah beban siklik quasi-statik, yang telah diterbitkan (ACI, 1991). Referensi yang dibuat untuk program penelitian ini berada di dalam makalah terbaru oleh Cheung et al (1993), dan kriteria desain, perilaku model, kekuatan geser di joint dan penjangkaran dari tulangan balok dalam inti sambungan juga dibahas pada paper tersebut.

Ketentuan desain EC8 dan New Zealand Code untuk sambungan balok-kolom secara umum serupa, yaitu: 'kriteria desain dimaksudkan untuk memastikan bahwa kekuatan inti sambungan balok-kolom tidak boleh kurang dari yang sesuai dengan pengembangan mekanisme sendi plastik yang dipilih di dalam rangka dan kapasitas kolom tidak boleh terancam oleh kemungkinan terjadinya penurunan kekuatan di joint '(Cheung et al, 1993)



Gambar 2.9 Hubungan Balok Kolom Menurut Eurocode
(Beckett & Alex, 2017)

Halaman ini sengaja dikosongkan

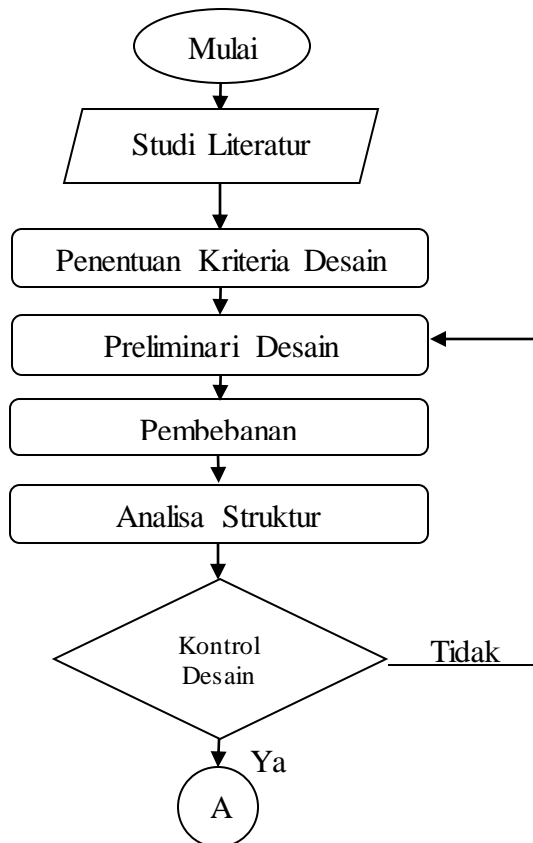
BAB III

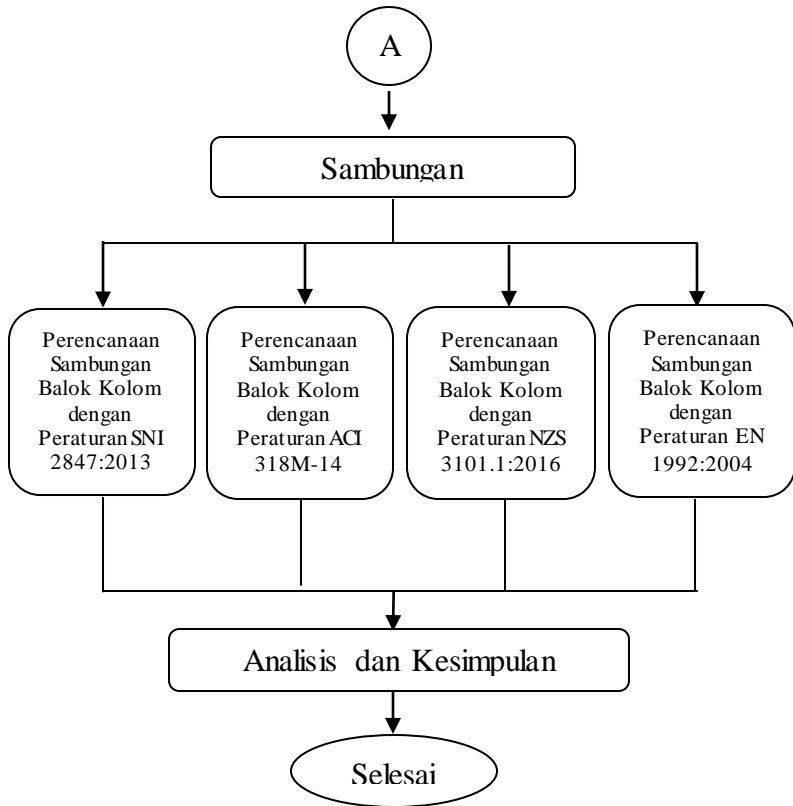
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Dalam menganalisa sambungan balok kolom dengan berbagai peraturan yang berbeda tentunya harus memiliki urutan pengerjaan sesuai dengan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pengerjaan dimulai dari pengumpulan data sampai perbandingan hasil dan kesimpulan pada akhirnya.

3.2. Bagan Alir Perencanaan





Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan

3.3. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Tahap ini mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dan relevan dengan masalah penelitian yang diambil. Studi literatur yang dilakukan dengan menggunakan beberapa buku pustaka atau peraturan mengenai perancangan struktur gedung secara umum yang akan sangat membantu dalam pengerjaan proposal tugas akhir ini, diantaranya :

1. SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
2. SNI 1726:2012 Struktur Gedung Tahan Gempa.
3. SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan struktur lain.
4. PPIUG 1983 Peraturan Pembebanan untuk Gedung
5. ACI 318M-14 *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
6. NZS 3101.1:2016 *Concrete Structure Standard*.
7. EN 1992:2004

3.4. Penentuan Kriteria Desain

Pada tahap ini, akan dibuat desain bangunan struktur beton bertulang konvensional untuk dua belas lantai dengan data bangunan gedung The Arundaya yang telah di modifikasi sebagai berikut :

Tipe Bangunan	: Gedung Apartemen
Lokasi	: Jl. Kenjeran no. 504 Surabaya – Jawa Timur
Ketinggian Lantai	
- Basement – Lantai 4	: 3,5 m
- Lantai 5 – 12	: 3,2 m
Luas Bangunan	: ±1519,8 m ²
Tinggi Total Bangunan	: ±38,2 m
Mutu Beton ($f'c$)	: 35 Mpa (Balok dan Pelat)
	: 40 Mpa (Tangga)
	: 40 & 45 Mpa (Kolom)
Mutu Baja (f_y)	: 420 Mpa
Data Tanah	: Terlampir
Data Gambar	: Terlampir

3.5. Pembebanan

Penggunaan beban yang ada mengikuti peraturan yang terdapat di SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebanan menggunakan SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2 antara lain :

3.5.1. Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur, dinding, pelat, serta berat peralatan layan yang disesuaikan dengan peraturan SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983.

3.5.2. Beban Hidup

Beban hidup disesuaikan dengan peraturan SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan struktur lain.

3.5.3. Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI 1726:2012, dimana gempa yang digunakan merupakan gempa dinamik, karena bangunan mempunyai ketidakberaturan horizontal. Analisis respon dinamik menggunakan 2 metode, yaitu analisis respon spectrum dan analisis respon dinamik riwayat gempa (*time history*). Pada tugas akhir ini digunakan analisis gempa dengan menggunakan respon spektrum. Perhitungan nilai V , menggunakan V_{statik} , yaitu dengan rumus sebagai berikut: (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1)

$$V = C_s \times W \quad (3.1)$$

Dimana :

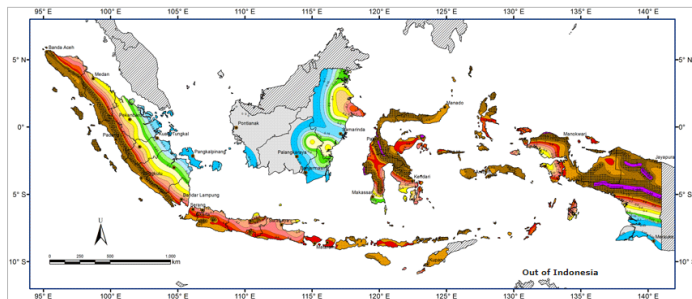
C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh nilai V :

- Menentukan Kategori Resiko Bangunan Penentuan kategori resiko bangunan
- Menentukan Faktor Keutamaan Gempa (I_e), Faktor keutamaan gempa dapat diketahui nilainya tergantung pada resiko bangunan.
- Menentukan nilai S_s dan S_1 .
- Menentukan nilai F_a dan F_v .
- Menghitung nilai S_{MS} dan S_{M1} .

- Menghitung S_{DS} dan S_{D1} .
- Menghitung nilai V (geser dasar seismik)



KETERANGAN (S_s , MCE_R):

Area dengan spektrum respons percepatan konstan 150% g	0.1 - 0.15 g	0.25 - 0.3 g	0.5 - 0.6 g	0.8 - 0.9 g	1.2 - 1.5 g	2.5 - 2.8 g
< 0.05 g	0.15 - 0.2 g	0.3 - 0.4 g	0.6 - 0.7 g	0.9 - 1.0 g	1.5 - 2.0 g	
0.05 - 0.1 g	0.2 - 0.25 g	0.4 - 0.5 g	0.7 - 0.8 g	1.0 - 1.2 g	2.0 - 2.5 g	

Dikembangkan oleh :
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.

Didukung Oleh :
Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Bandung (ITB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) • Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR), dan software dari United States Geological Survey (USGS).

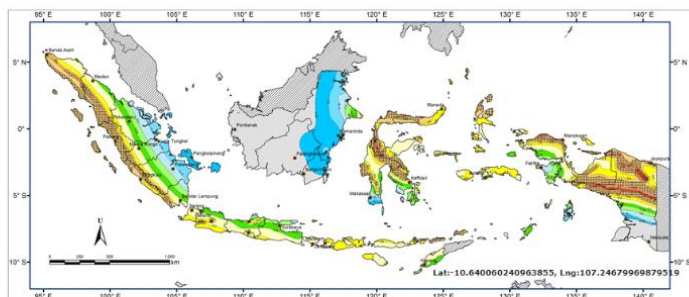
PETA ZONASI GEMPA INDONESIA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

REVISI, Juli 2010
MENTERI PEKERJAAN UMUM,
BOSHO KIRIMANTO

Gambar 3.2 Peta Zona Gempa Indonesia (S_s)
(Sumber: SNI 1726:2012, Gambar 9)



KETERANGAN (S_1 , MCE_R):

Area dengan spektrum respons percepatan konstan 60% g	0.1 - 0.15 g	0.25 - 0.3 g	0.5 - 0.6 g	0.8 - 0.9 g	1.2 - 1.5 g	2.5 - 2.8 g
< 0.05 g	0.15 - 0.2 g	0.3 - 0.4 g	0.6 - 0.7 g	0.9 - 1.0 g	1.5 - 2.0 g	
0.05 - 0.1 g	0.2 - 0.25 g	0.4 - 0.5 g	0.7 - 0.8 g	1.0 - 1.2 g	2.0 - 2.5 g	

Dikembangkan oleh :
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.

Didukung Oleh :
Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Bandung (ITB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) • Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR), dan software dari United States Geological Survey (USGS).

PETA ZONASI GEMPA INDONESIA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

REVISI, Juli 2010
MENTERI PEKERJAAN UMUM,
BOSHO KIRIMANTO

Gambar 3.3 Peta Zona Gempa Indonesia (S_1)
(Sumber: SNI 1726:2012, Gambar 10)

3.5.4. Kombinasi

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.2.1 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan.

1. $U = 1,4 D$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
4. $U = 1,0 D + 1,0 L$
5. $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

U = Beban ultimate

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

3.6. Analisa Struktur (ETABS)

Analisa struktur utama menggunakan ETABS untuk mendapatkan reaksi-reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama. Pada analisa ini digunakan pembebanan gempa dinamik, sehingga menggunakan analisa respons dinamik sesuai ketentuan SNI 1726:2012. Kemudian akan dilakukan kontrol permodelan struktur setelah memperoleh analisa dari program bantu ETABS, hal ini dilakukan agar mengetahui desain yang dilakukan telah memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada peraturan. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan sebagai berikut :

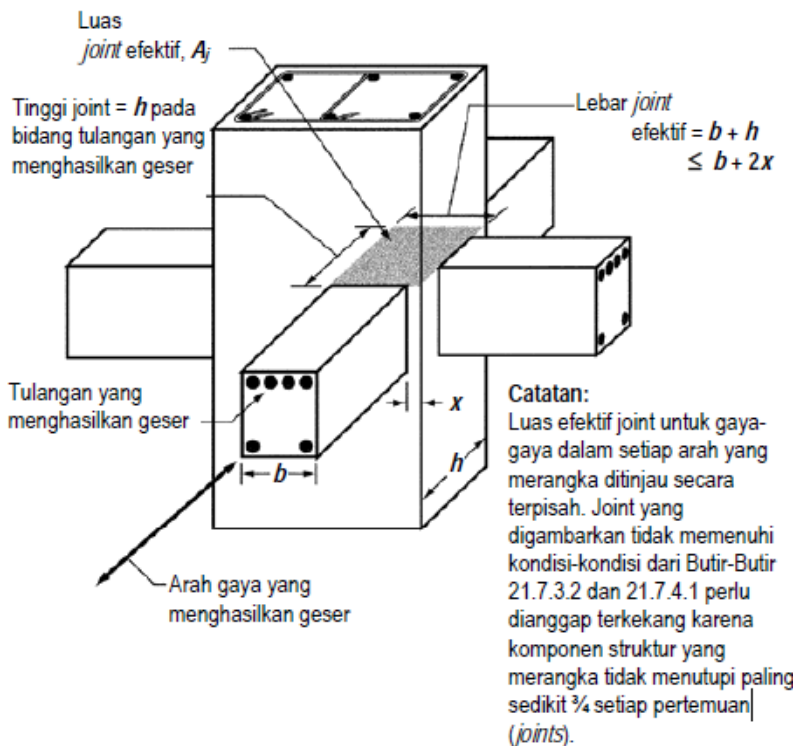
1. Melakukan pengecekan antara perhitungan manual dan perhitungan dengan menggunakan program bantu ETABS, selisih keakuratan antara kedua metode $\pm 5\%$
2. Menghitung partisipasi massa, dengan syarat partisipasi massa $\geq 90\%$
3. Menghitung *Base Shear* Statik, harus memenuhi ketentuan yang ada $\pm 85\%$
4. Menghitung simpangan yang terjadi.

3.7. Perencanaan Sambungan Balok Kolom

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai peraturan yang dipakai dalam menganalisis sambungan balok kolom, peraturan yang akan dipakai terdiri dari 3 pedoman, yaitu SNI 2847:2013, ACI 318M-14, dan NZS 3101.1:2006.

3.7.1. Pedoman Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013

Berdasarkan SNI 2847:2013 memberikan suatu penyelasan bahwa gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antar muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebanin dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang batangnya. Adapun ilustrasi seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Ilustrasi Sambungan Balok Kolom SNI 2847:2013 (SNI 2847:2013, Halaman 195)

3.7.1.1. Gaya Geser Terfaktor

Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok kolom, V_u , dihitung sebagai berikut (Nawy, 2005) :

$$V_u = T_1 + C_2 - V_{\text{kolom}} \quad (3.2)$$

$$= T_1 + T_2 - V_{\text{kolom}} \quad (3.3)$$

Dimana :

T_1 = Gaya Tarik pada baja tulangan di balok akibat momen negatif

- T_2 = Gaya Tarik pada baja tulangan di balok akibat momen positif
 C_2 = Gaya tekan beton akibat momen positif
 V_{kolom} = Gaya geser pada kolom di sisi atas dan bawah hubungan balok kolom

Gaya geser pada kolom, V_{kolom} , dapat dihitung berdasarkan nilai M_{pr-} dan M_{pr+} dibagi dengan setengah tinggi kolom atas (h_1) ditambah setengah tinggi kolom bawah (h_2). Jika dituliskan dalam bentuk persamaan adalah:

$$V_{kolom} = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}} \quad (3.4)$$

3.7.1.2. Kuat Geser Nominal

Kekuatan geser nominal (V_n) untuk beton berat normal dalam SNI 2847:2013 pasal 21.7.4 telah disebutkan bahwa V_n *joint* tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang ditetapkan sebagai berikut:

- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka : $1.7x\sqrt{f'c} A_j$
- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan : $1.2x\sqrt{f'c} A_j$
- Untuk kasus-kasus lainnya : $1x\sqrt{f'c} A_j$

A_j adalah luas penampang efektif dalam suatu *joint* yang dihitung dari tinggi *joint* kali lebar *joint* efektif. Tinggi *joint* harus merupakan tinggi keseluruhan kolom, h . Lebar *joint* efektif harus merupakan lebar keseluruhan kolom, kecuali bilamana suatu balok merangka ke dalam suatu kolom yang lebih lebar, lebar *joint* efektif tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- (a) Lebar balok ditambah tinggi *joint* ($b+h_j$)
- (b) Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom ($b+2x$)

3.7.1.3. Tulangan Transversal

Luas total tulangan transversal tertutup persegi tidak boleh kurang daripada (Hassoun & Manaseer, 2005):

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3.5)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3.6)$$

Dimana :

- A_{sh} = Luas tulangan transversal yang disyaratkan
- s = Jarak spasi tulangan transversal
- b_c = Dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang
- A_g = Luas penampang kolom
- f'_c = Kuat tekan beton
- f_y = Kuat leleh tulangan baja
- A_{ch} = Luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal

Sesuai ketentuan yang telah diatur oleh SNI bahwa suatu *joint* telah diatur secara lengkap dalam SNI 2847:2013 pasal 21.7, yaitu mengenai *joint* rangka momen khusus. Dimana dalam suatu *joint* telah dijelaskan pasal 21.7.3.2 bahwa komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi *joint* dan bilamana setiap lebar komponen struktur adalah sekurang-kurangnya tiga perempat lebar kolom, nilai pada persamaan (3.5) dan (3.6) dapat direduksi sebesar setengahnya.

Persyaratan jarak antar tulangan transversal yang terdapat dalam SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 direncanakan dengan spasi tidak lebih dari :

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum
- Enam kali diameter batang tulangan longitudinal terkecil
- S_o , seperti didefinisikan oleh persamaan (3.7) :

$$S_o = 100 + \frac{350 - hx}{3} \quad (3.7)$$

Dengan hx dapat diambil sebesar sepertiga kali dimensi inti kolom, serta nilai S_o diisyaratkan tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

3.7.1.4. Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran batang tulangan pada beton normal tidak boleh kurang dari 8 db, 150 mm, dan panjang yang diisyaratkan oleh persamaan (3.8):

$$L_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \quad (3.8)$$

Dimana :

L_{dh} = Panjang penyaluran
 F_y = Tegangan leleh baja tulangan
 Db = Diameter tulangan
 f'_c = Kuat tekan beton

3.7.2. Pedoman American Concrete Institute 318M-14

Semua sambungan harus dirancang dengan kombinasi paling kritis yang dihasilkan dari interaksi semua arah gaya yang ada pada sambungan, termasuk beban aksial, lentur, puntir, dan geser. Gaya ini merupakan konsekuensi dari efek eksternal, yaitu beban dan rangkai, penyusutan, suhu, pemampatan, atau efek lainnya.

3.7.2.1. Gaya Geser Terfaktor

Dalam menghitung gaya geser horizontal melalui *joint* :

a. Untuk *joint* sebelah dalam (*Interior*)

$$V_u = T1 + T2 - V_u \quad (3.9)$$

$$V_u = f_y A_s + f_y A_s' - V_u \quad (3.10)$$

Dimana :

- T = Resultan gaya tarik
 V_u = Gaya geser
 f_y = Kuat leleh tulangan baja
 A_s = Luas tulangan tarik
 A_s' = Luas tulangan tekan

b. Untuk *joint* sebelah luar (*Eksterior*) (ambil nilai terbesar)

$$V_u = f_y A_s - V_u \quad (3.11)$$

$$V_u = f_y A_s' - V_u \quad (3.12)$$

Dimana :

- V_u = Gaya geser
 f_y = Kuat leleh tulangan baja
 A_s = Luas tulangan tarik
 A_s' = Luas tulangan tekan

dengan catatan,

- *Joint* tipe 1, $f_y = f_y$
- *Joint* tipe 2, $f_y = 1,25 f_y$

$$V_u \text{ kolom} = \frac{M_u (\text{balok})}{\left(\frac{h_{1c}}{2} + \frac{h_{2c}}{2}\right)} \quad (3.13)$$

$$V_u \text{ kolom} = \frac{0,9 M_n (\text{balok})}{\left(\frac{h_{1c}}{2} + \frac{h_{2c}}{2}\right)} \quad (3.14)$$

Dimana :

- f_y = Kekuatan leleh tulangan baja
 M_u = Momen ultimate
 M_n = Momen nominal
 h_c = Tinggi kolom

3.7.2.2. Kuat Geser Nominal

Kekuatan geser nominal (V_n) untuk ACI 318M:14 masih sama seperti ACI 318:11. Untuk beton berat normal telah disebutkan bahwa V_n *joint* tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang ditetapkan sebagai berikut :

- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka : $1.7x\sqrt{f'c} A_j$
- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan : $1.2x\sqrt{f'c} A_j$
- Untuk kasus-kasus lainnya : $1x\sqrt{f'c} A_j$

A_j adalah luas penampang efektif dalam suatu *joint* yang dihitung dari tinggi *joint* kali lebar *joint* efektif. Tinggi *joint* harus merupakan tinggi keseluruhan kolom, h . Lebar *joint* efektif harus merupakan lebar keseluruhan kolom, kecuali bilamana suatu balok merangka kedalam suatu kolom yang lebih lebar, lebar *joint* efektif tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- (a) Lebar balok ditambah tinggi *joint* ($b+h_j$)
- (b) Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom ($b+2x$)

3.7.2.3. Tulangan Transversal

Perhitungan tulangan geser dirumuskan sebagai berikut :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \quad (3.15)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \quad (3.16)$$

Dimana :

A_{sh} = Luas tulangan transversal yang disyaratkan

s = Jarak spasi tulangan transversal

b_c = Dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekan

- A_g = Luas penampang kolom
 f'_c = Kuat tekan beton
 f_y = Kuat leleh tulangan baja
 A_{ch} = Luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal

3.7.2.4. Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran batang tulangan pada beton normal tidak boleh kurang dari 8 db, 150 mm dan panjang dapat didekati dengan persamaan :

$$L_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \quad (3.17)$$

Dimana :

- L_{dh} = Panjang penyaluran
 f_y = Tegangan leleh baja tulangan
 db = Diameter tulangan
 f'_c = Kuat tekan beton

3.7.3. Pedoman Standards New Zealand 3101.1:2006

Persyaratan dasar desain untuk sambungan balok kolom yang dikenakan beban lateral adalah sambungan harus lebih kuat dari bagian-bagian struktur sendi yang berdekatan, biasanya bagian yang diperkuat adalah balok. Karena kuat geser mengontrol desain sambungan, maka energi disipasi dalam inti pertemuan di suatu sambungan harus dihindari, apabila tidak dihindari dapat menyebabkan kehilangan kekuatan yang cepat di bawah pengaruh beban seismik.

3.7.3.1. Gaya Geser Terfaktor

Geser pada sambungan harus diasumsi dapat menahan dari mekanisme beton dan mekanisme truss, yang terdiri dari sengkang horizontal dan vertikal atau tulangan dan diagonal strut pada beton. Superposisi dari 2 mekanisme untuk horizontal dan vertikal geser pada sambungan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{jh} = V_{ch} + V_{sh} = V_{ch} + A_{jh} f_{yh} \quad (3.18)$$

$$V_{jv} = V_{cv} + V_{sv} = V_{cv} + A_{jv} f_{yv} \quad (3.19)$$

Dimana V_{ch} dan V_{cv} adalah gaya geser nominal horizontal dan vertikal yang ditransfer terhadap inti pertemuan di suatu sambungan.

3.7.3.2. Kuat Geser Nominal

Gaya geser desain horizontal pada sambungan, V_{jh}^* , tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,20 f'_c b_j h_c$, atau, $10 b_j h_c$ dimana h_c adalah keseluruhan kedalaman kolom ke arah geser horizontal, dan lebar efektif di pertemuan, b_j , harus diambil :

- a. Dimana, $b_c \geq b_w$:
 - $b_j = b_c$,
 - $b_j = b_w + 0,5 h_c$,
 dan dipilih yang terkecil;
- b. Dimana, $b_c < b_w$:
 - $b_j = b_w$,
 - $b_j = b_c + 0,5 h_c$
 dan dipilih yang terkecil.

3.7.3.3. Tulangan Transversal

Luas efektif total tulangan transversal sesuai dari setiap arah gaya geser horizontal pada sambungan dapat dirumuskan seperti berikut ini :

- a. Untuk *joint* sebelah dalam (*Interior*)

$$A_{jh} = \frac{6 V_{ojh}^*}{f'_c b_j h_c} \left(\frac{\alpha_i f_y A_s^*}{f_{yh}} \right) \quad (3.20)$$

dimana,

$$0,85 \leq \left[\frac{6 V_{ojh}^*}{f'_c b_j h_c} \right] \leq 1,20$$

Dengan syarat yang harus dipenuhi :

A^*s = lebih besar dari luasan tulangan balok atas atau bawah yang terdapat di sambungan, tidak termasuk tulangan di tegangan efektif sayap

$\alpha_i = 1,4 \alpha_n$

V^*_{ojh} = Gaya geser horizontal di *joint*

$= \phi^o f_y (A_{s1} + A_{s2}) - V_{col}$ (NZS 3101.1, 15.4.4.1)

ϕ^o = Faktor kuat lebih baja (NZS 3101.1, 2.6.5.5)

= Untuk 420 MPa sebesar 1,31 (Interpolasi)

Apabila dimana efek dari beban tekan aksial yang bekerja di atas di suatu sambungan dimasukkan, maka dirumuskan :

$$\alpha_i = \left(1,4 - 1,6 \frac{C_j N^*o}{f'_c A_g} \right) \alpha_n \quad (3.21)$$

Dimana :

α_n = 0,85 Untuk kurva daktilitas dari daerah plastis yang berdekatan pada sambungan adalah sama atau kurang untuk LDPR (*Limited Ductile Plastic Region*)

= 1,0 Untuk kurva daktilitas dari daerah plastis yang berdekatan pada sambungan adalah sama atau kurang untuk DPR (*Ductile Plastic Region*)

b. Untuk *joint* sebelah luar (*Eksterior*)

$$A_{jh} = \frac{6 V^*_{ojh}}{f'_c b_j h_c} \left(\frac{\beta f_y A_s}{f_{yh}} \right) \left(0,7 - \frac{C_j N^*o}{f'_c A_g} \right) \quad (3.22)$$

Dimana :

$$0,85 \leq \left[\frac{6 V^*_{ojh}}{f'_c b_j h_c} \right] \leq 1,20$$

N^*o = Nilai negatif dari tegangan aksial

C_j = 1 (asumsi)

β = Rasio luas tulangan batang tekan terhadap luas tulangan batang tarik.

Luasan A_{jh} pada persamaan (3.20) dan (3.22) harus sama atau lebih besar dari $0,4 V_{ojh}^* / f_{yh}$.

Sedangkan luas efektif total tulangan transversal geser vertikal baik untuk interior maupun eksterior dapat dirumuskan seperti berikut ini :

$$A_{jv} = \alpha_v A_{jh} \frac{f_{yh}}{f_{yv}} \frac{h_b}{h_c} \quad (3.23)$$

Dimana,

$$\alpha_v = \frac{0,7}{1 + \frac{N_o^*}{f'_c A_g}} \quad (3.24)$$

Dimana sendi plastik dapat terbentuk di daerah kolom terhadap muka balok, zona perkuatan join vertikal harus dirancang atas dasar yang sama seperti perkuatan join horizontal untuk zona join dengan balok, yang mungkin terbentuk daerah plastis terhadap muka kolom.

3.7.3.4. Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran tulangan untuk pengait di daerah tegangan dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$L_{dh} = 0,24 \alpha_b \alpha_1 \alpha_2 \frac{f_y d_b}{\sqrt{f'_c}} \quad (3.25)$$

Dimana :

f'_c = Tidak boleh diambil lebih dari 70 MPa

α_b = A_{sr}/A_{sp}

A_{sr} = Luas tulangan lentur yang dibutuhkan

A_{sp} = Luas tulangan lentur yang disediakan

α_1 = 0,7 untuk diameter tulangan 32 mm atau lebih kecil dengan sisi muka kolom ke bidang penjangkaran ≥ 60 mm, dan bagian akhir pada perpanjangan ekor pengait yang membentuk 90° sama dengan atau lebih besar dari 40 mm
= 1,0 untuk kasus lainnya

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= 0,8 \text{ dimana dikekang oleh sengkang tertutup atau} \\ &\text{sengkang dengan spasi } 6 d_b \text{ atau kurang dan memenuhi} \\ &\frac{A_{tr}}{s} \geq \frac{A_b}{1000} \\ &= 1,0 \text{ untuk kasus lainnya}\end{aligned}$$

3.7.4. Pedoman Eurocode 1992:2004

Pada peraturan ini, memberikan ketentuan khusus untuk pendetailan sehingga akan ada banyak faktor yang diperhitungkan serta rumus yang lebih terperinci jika dibandingkan dengan peraturan lainnya. Pada perhitungan ini, digunakan daktilitas kelas H (High). Untuk menentukan ukuran di dalam sebuah *joint*, b_j , harus diambil :

a. Dimana, $bc \geq bw$:

- $b_j = bc$,
 - $b_j = bw + 0,5 hc$,
- dan dipilih yang terkecil;

b. Dimana, $bc < bw$:

- $b_j = bw$,
 - $b_j = bc + 0,5 hc$
- dan dipilih yang terkecil.

3.7.4.1. Gaya Geser Terkfaktor

Dalam menghitung gaya geser horizontal melalui *joint* :

a. Untuk *joint* sebelah dalam (*Interior*)

Persamaan untuk menghitung gaya geser *joint* horizontal berdasarkan EC 1998:2004, pasal 5.5.2.3

$$V_{jhd} = \gamma_{rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_c \quad (3.26)$$

Dimana :

V_{jhd} = Gaya geser desain *joint* horizontal

γ_{rd} = Faktor kuat lebih baja (1,2)

f_{yd} = desain mutu tulangan baja dibagi dengan parsial faktor

A_{s1} = Luas tulangan atas balok

A_{s2} = Luas tulangan bawah balok
 V_c = Gaya geser kolom di atas *joint*

Sedangkan berdasarkan buku Alexandrou dan Beckett (2014), menjelaskan bahwa terdapat beberapa penambahan factor yang dapat mempengaruhi gaya geser tersebut seperti persamaan berikut ini,

$$V_{jh} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} \right] - V_c \quad (3.27)$$

Dimana $2/3$ adalah factor reduksi untuk mengizinkan atau memperbolehkan bagian dari gaya tekan diagonal (miring) mengalir ke luar dari inti *joint*

b. Untuk *joint* sebelah luar (*Eksterior*) (ambil nilai terbesar)

$$V_{jhd} = \gamma_{rd} A_{s1} f_{yd} - V_c \quad (3.28)$$

Dimana :

V_{jhd} = Gaya geser desain *joint* horizontal
 γ_{rd} = Faktor kuat lebih baja (1,2)
 f_{yd} = desain mutu tulangan baja dibagi dengan parsial faktor
 A_{s1} = Luas tulangan atas balok
 V_c = Gaya geser kolom di atas *joint*

Untuk perhitungan eksterior dengan penambahan beberapa faktor seperti berikut,

$$V_{jh} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s1}) f_{yd} \right] - V_c \quad (3.29)$$

c. Gaya geser desain *joint* vertikal

Dengan mengabaikan factor beban aksial, gaya geser vertikal di inti *joint* dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$V_{jv} = V_{jh} \frac{hw}{hc} \quad (3.30)$$

Namun perumusan tersebut adalah simplifikasi dari pendekatan rumus Cheung *et al.* (1993). Pada peraturan EC8 mengadopsi pendekatan yang sama terhadap persamaan di atas tetapi perbedaan dalam notasi dan momen yang diterapkan harus dicantumkan.

$$V_{jv} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s3} + A_{s4}) f_{yd} \right] - V_w + \frac{N_c}{2} \quad (3.31)$$

Dimana nilai V_w dan N_c akan dijelaskan pada bab berikutnya.

3.7.4.2. Kuat Geser Nominal

Berdasarkan EC 1998:2004, pasal 5.5.3.3.b, menjelaskan persamaan untuk menghitung nilai gaya geser nominal seperti berikut :

$$V_{jh} \leq \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc} \quad (3.32)$$

Dimana :

$$\eta = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$$

$$v_d = \text{gaya normal aksial kolom di atas joint}$$

$$v_d = \frac{N_c}{A_c f_{cd}}$$

Sedangkan untuk persamaan di eksterior adalah 80% dari gaya yang terjadi di interior dan dirumuskan sebagai berikut,

$$V_{jh} \leq 0,8 \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc} \quad (3.33)$$

3.7.4.3. Tulangan Transversal

Perhitungan tulangan geser pada *joint* dirumuskan sebagai berikut :

- Untuk penulangan geser horizontal interior (Pasal 5.5.3.3 (4.a))

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8 v_d) \quad (3.34)$$

- Untuk penulangan geser horizontal eksterior (Pasal 5.5.3.3 (4.b))

$$A_{sh}f_{ywd} \geq \gamma_{rd}(A_{s2})f_{yd}(1 - 0,8v_d) \quad (3.35)$$

- Untuk penulangan geser vertikal (Pasal 5.5.3.3 (6))

$$A_{sv} \geq \frac{2}{3} A_{sh} \frac{h_{jc}}{h_{jw}} \quad (3.36)$$

EC 1998:2004 Pasal 5.5.3.3 (6) menyatakan bahwa A_{sv} adalah total tulangan menengah kolom yang ditempatkan diantara tulangan tepi kolom (yang dimaksudkan adalah tulangan longitudinal kolom)

Penjelasan berupa perhitungan dan pengertian akan dibahas pada bab berikutnya.

3.7.4.4. Panjang Penyaluran Tulangan

Dasar perhitungan panjang penyaluran batang tulangan dapat didekati dengan persamaan :

$$l_{b,rqd} = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}} \quad (3.37)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f_{bd} &= \text{tegangan lekatan pada tulangan berulir} \\ &= 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} \text{ (EC 1992:2004, pasal 8.4.2)} \end{aligned}$$

Untuk desain panjang penyaluran batang tulangan dirumuskan sebagai berikut (Pasal 8.4.4) :

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

Dimana :

- α_1 = Untuk efek bentuk tulangan dengan asumsi selimut yang cukup
- α_2 = Untuk selimut beton minimum
- α_3 = Untuk efek pengekan oleh tulangan geser
- α_4 = Untuk pengaruh 1 atau lebih tulangan geser yang leleh
- α_5 = Untuk efek dari tekan geser dari bidang yang terbagi sepanjang desain panjang penjangkaran

Tabel 3.1 Nilai Koefisien α

Influencing factor	Type of anchorage	Reinforcement bar	
		In tension	In compression
Shape of bars	Straight	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Other than straight (see Figure 8.1 (b), (c) and (d))	$\alpha_1 = 0,7$ if $c_d > 3\phi$ otherwise $\alpha_1 = 1,0$ (see Figure 8.3 for values of c_d)	$\alpha_1 = 1,0$
Concrete cover	Straight	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Other than straight (see Figure 8.1 (b), (c) and (d))	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (see Figure 8.3 for values of c_d)	$\alpha_2 = 1,0$
Confinement by transverse reinforcement not welded to main reinforcement	All types	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Confinement by welded transverse reinforcement*	All types, position and size as specified in Figure 8.1 (e)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Confinement by transverse pressure	All types	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	-

Sumber : EN 1992:2004

3.8. Analisis dan Kesimpulan

Setelah sambungan balok kolom dari berbagai peraturan sudah di desain pada gedung yang akan direncanakan, maka langkah selanjutnya adalah meninjau dan menganalisis dari ketiga peraturan sambungan balok kolom tersebut baik dalam hal kuat geser, luas tulangan, maupun panjang penyaluran, sehingga akan didapat kombinasi desain sambungan tahan gempa yang lebih baik.

BAB IV PRELIMINARY DESIGN

4.1. Preliminary Design

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. *Preliminary design* yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat dan kolom.

4.1.1. Perencanaan Balok

Dimensi balok yang direncanakan dalam *preliminary design* adalah sebagai berikut :

4.1.1.1. Perencanaan Balok Induk

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. (tabel 9.5(a) Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung).

Tabel 4.1 Tebal Minimum Balok Non-Prategang

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_c selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_c/700)$.				

(Sumber : SNI 2847:2013)

Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

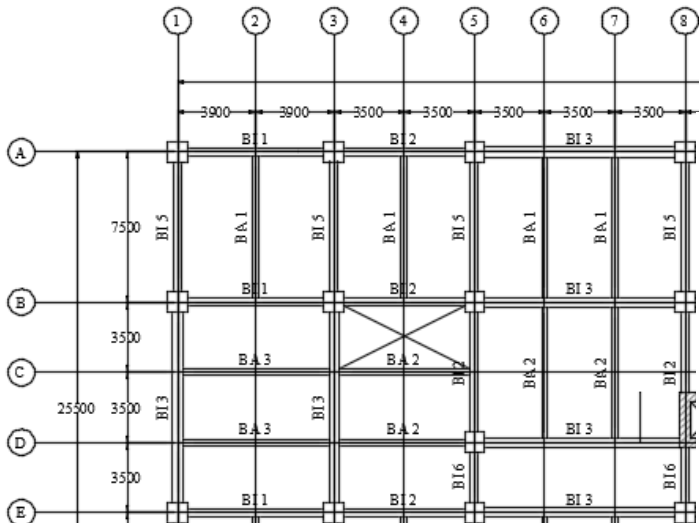
Dimana :

L = Panjang balok (m)

h = Tinggi balok (m)

b = Lebar balok (m)

Gedung yang direncanakan memiliki panjang balok induk yang bervariasi pada arah memanjang dan melintang yaitu pada gambar.



Gambar 4.1 Variasi Balok pada Gedung The Arundaya

Perhitungan perencanaan balok induk :

- Balok Induk (BI 1), L = 7,8 m

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{7,8}{16} = 0,49 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 0,49 = 0,33 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m}$$

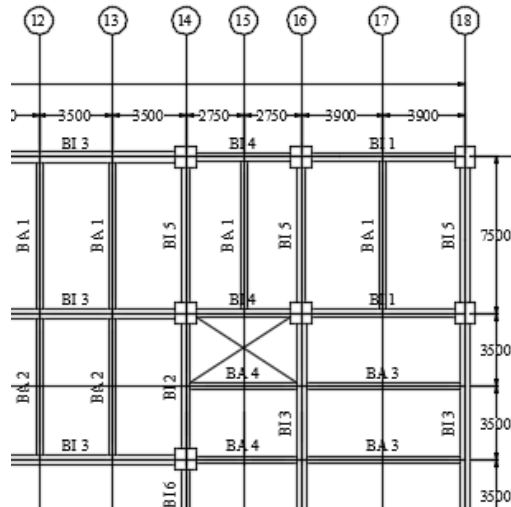
Dari Gambar 4.1 dapat dilihat variasi balok yang ditinjau, sehingga diperoleh dimensi balok induk seperti Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
BI 1	7.80	0.33	0.49	40.00	70.00
BI 2	7.00	0.29	0.44	40.00	70.00
BI 3	10.50	0.44	0.66	50.00	75.00
BI 4	5.50	0.23	0.34	40.00	70.00
BI 5	7.50	0.31	0.47	40.00	70.00
BI 6	3.50	0.15	0.22	40.00	70.00

4.1.1.2. Perencanaan Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 35 Mpa dan mutu baja 420 Mpa direncanakan balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a) yang dapat dilihat pada Tabel 4.3



Gambar 4.2 Variasi Balok pada Gedung The Arundaya

Perhitungan perencanaan balok anak :

- Balok Anak (BA 1), $L = 7,5 \text{ m}$

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{7,5}{16} = 0,36 \text{ m} \approx 0,55 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 0,36 = 0,24 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat variasi balok yang ditinjau, sehingga diperoleh dimensi balok anak seperti Tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
BA 1	7.50	0.24	0.36	30.00	55.00
BA 2	7.00	0.22	0.33	30.00	55.00
BA 3	7.80	0.25	0.37	30.00	55.00

BA 4	5.50	0.17	0.26	30.00	55.00
------	------	------	------	-------	-------

4.1.2. Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan ini menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis yaitu :

- Pelat satu arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya lebih dari atau sama dengan 2. Pada pelat satu arah, pembebanan yang diterima akan diteruskan pada balok-balok (pemikul bagian yang lebih panjang) dan hanya sebagian kecil saja yang akan diteruskan pada gelagar pemikul bagian yang lebih pendek.
- Pelat dua arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, sehingga besar pembebanan yang diterima diteruskan pada keseluruhan pemikul di sekeliling panel pelat tersebut.

Perhitungan dimensi pelat berdasarkan syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

- Untuk $\alpha m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5.3.3
- Untuk $0,2 \leq \alpha m \leq 2$ ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h1 = \frac{Ln x \left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36 + 5\beta (\alpha m - 0,2)} \text{ dan tidak boleh kurang dari 120 mm}$$

- Untuk $\alpha m \geq 2$ ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h2 = \frac{Ln x \left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

Dimana :

L_n = Panjang bentang bersih

S_n = Lebar bentang bersih

F_y = Tegangan leleh baja

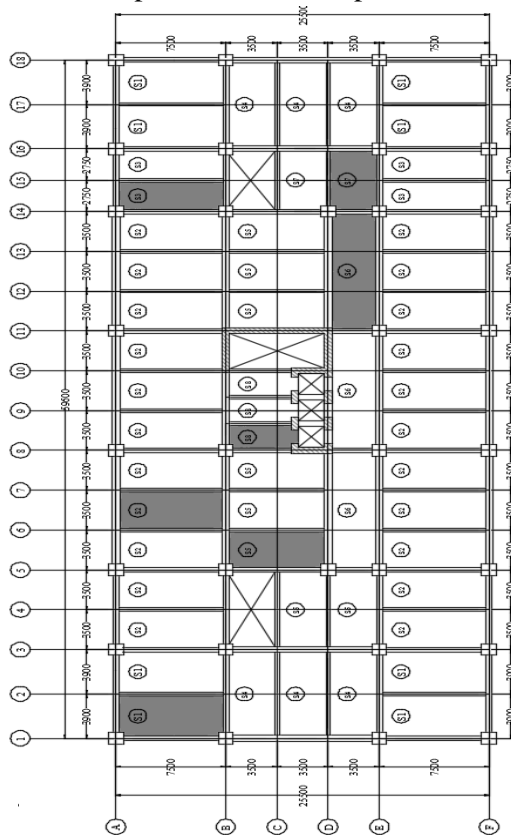
β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

4.1.2.1. Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan pada bangunan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu beton : 35 Mpa
- Mutu baja : 420 Mpa
- Rencana tebal pelat lantai dan atap : 120 mm



Gambar 4.3 Variasi Pelat pada Gedung The Arundaya

4.1.2.2. Perhitungan Tebal Pelat

Direncanakan 1 tipe pelat lantai dan pelat atap (Type 1) dengan data perencanaan sebagai berikut :

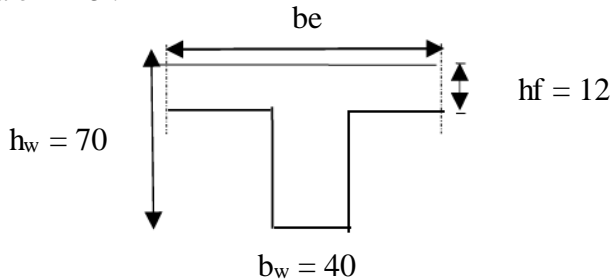
- Dimensi Pelat : 390 cm x 750 cm
- Tebal Pelat Rencana : 12 cm

$$L_n = 750 - \left(\frac{40+40}{2} \right) = 710 \text{ cm}$$

$$S_n = 390 - \left(\frac{40+30}{2} \right) = 355 \text{ cm}$$

$$\beta = \left(\frac{L_n}{S_n} \right) = \left(\frac{710}{355} \right) = 2,00 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

o Balok BI 5 :



Perhitungan lebar efektif :

a. $be = b_w + 2 \times (h_w - h_f)$

$$be = 40 + 2 \times (70 - 12)$$

$$be = 156$$

b. $be = b_w + 8 \times h_f$

$$be = 40 + 8 \times 12$$

$$be = 136 \text{ (menentukan)}$$

c. $be = \frac{1}{4} \times L$

$$be = \frac{1}{4} \times 710$$

$$be = 177,5$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,72$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times 1,72 \times 40 \times 70^3$$

$$I_{\text{balok}} = 1956964,5 \text{ cm}^4$$

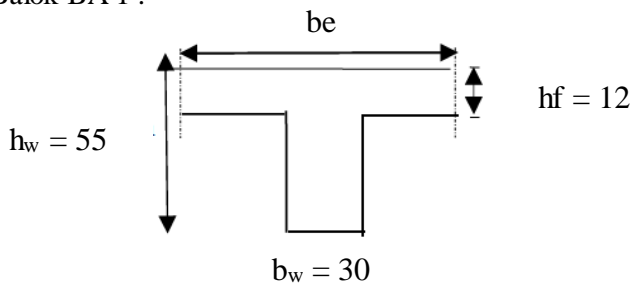
$$I_{\text{pelat}} = \frac{t^3}{12} \times bs$$

$$I_{\text{pelat}} = \frac{12^3}{12} \times 750$$

$$I_{\text{pelat}} = 171500 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{1956964,5}{171500} = 11,41$$

○ Balok BA 1 :



Perhitungan lebar efektif :

a. $be = b_w + 2 \times (h_w - hf)$

$$be = 30 + 2 \times (55 - 12)$$

$$be = 116 \text{ (menentukan)}$$

b. $be = b_w + 8 \times hf$

$$be = 30 + 8 \times 12$$

$$\begin{aligned}
 be &= 126 \\
 \text{c. } be &= \frac{1}{4} \times L \\
 be &= \frac{1}{4} \times 710 \\
 be &= 177,5
 \end{aligned}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{116}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{55}\right) + 4 \left(\frac{12}{55}\right)^2 + \left(\frac{116}{55} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{116}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)}$$

$$k = 1,73$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{\text{pelat}} = \frac{t^3}{12} \times bs$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times 1,73 \times 30 \times 55^3$$

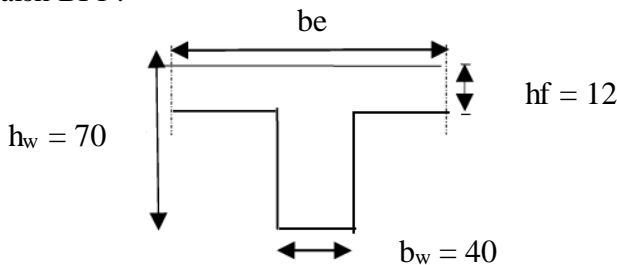
$$I_{\text{pelat}} = \frac{12^3}{12} \times 750$$

$$I_{\text{balok}} = 719190,51 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = 171500 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{719190,51}{171500} = 4,19$$

o Balok BI 1 :



Perhitungan lebar efektif :

a. $be = bw + 2 \times (hw - hf)$

$$be = 40 + 2 \times (70 - 12)$$

$$be = 156$$

b. $be = bw + 8 \times hf$

$$be = 40 + 8 \times 12$$

$$be = 136$$

c. $be = \frac{1}{4} \times L$

$$be = \frac{1}{4} \times 355$$

$$be = 88,75 \text{ (menentukan)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right) + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{88,75}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{88,75}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{88,75}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,39$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} \times 1,39 \times 40 \times 70^3$$

$$I_{\text{balok}} = 1584695,9 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{pelat}} = \frac{t^3}{12} \times bs$$

$$I_{\text{pelat}} = \frac{12^3}{12} \times 390$$

$$I_{\text{pelat}} = 89180 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} = \frac{1584695,9}{89180} = 17,77$$

Jadi α_m rata-rata adalah

$$\alpha_m = \frac{11,41 + 4,19(2 \times 17,77)}{4} = 12,79$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5,

$$h_{min} = \frac{Ln \times \left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{710 \times \left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9(2)} = 14,46 \text{ cm}$$

Untuk faktor kenyamanan gunakan tebal pelat 12 cm. Tebal rencana pelat 12 cm memenuhi persyaratan tebal minimum.

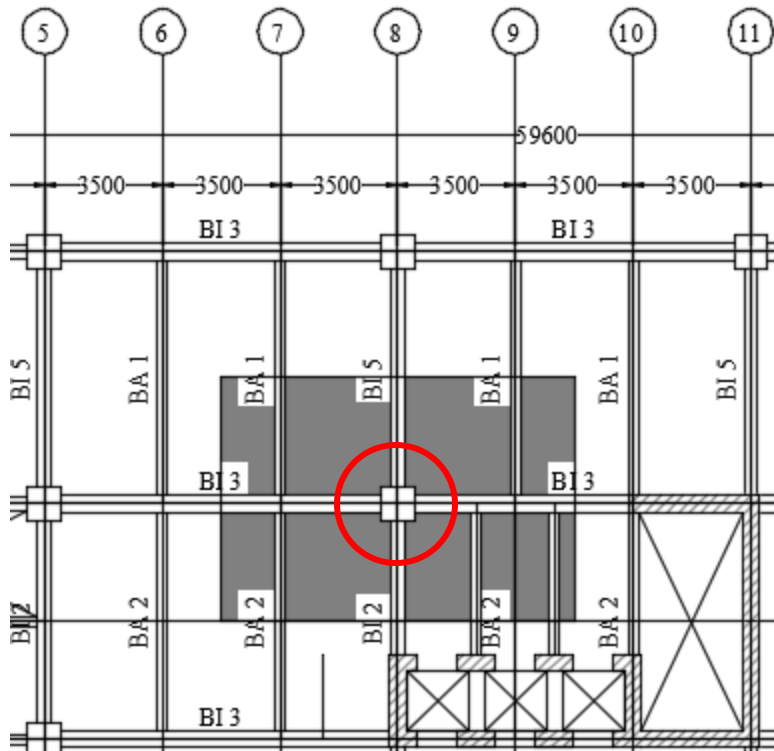
Dari cara perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi tebal pelat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.4 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Dimensi Pelat (cm)					Tipe Arah	Tebal (cm)	Tebal Rencana (cm)
	p	l	Ln	Sn	β			
S1	390	750	710	355	2.00	1	19.50	12
S2	350	750	700	320	2.19	1	17.50	12
S3	275	750	710	240	2.96	1	13.75	12
S4	350	780	730	315	2.32	1	17.50	12
S5	350	700	650	315	2.06	1	17.50	12
S6	350	1050	660	300	2.20	1	17.50	12
S7	350	550	505	315	1.60	2	11.02	12
S8	233.75	450	400	198.75	2.01	1	11.69	12

4.1.3. Perencanaan Kolom

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.



Gambar 4.4 Kolom yang Ditinjau Sebagai Desain Awal

Data-data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Tebal pelat = 12 cm = 120 mm
- Tinggi tiap lantai basement – 4 = 350 cm
- Tinggi lantai 5 = 500 cm
- Tinggi tiap lantai 6 – atap = 320 cm

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1729:2013 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati, yang diberikan di setiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolom.

Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Diambil satu dimensi kolom yang berbeda setiap 5 lantainya.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL}.A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$A_{TT} = 10,5 \text{ m} \times 7,25 \text{ m} = 76,13 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} = 4$$

$$K_{LL} \times A_{TT} = 4 \times 76,13 \text{ m}^2 = 304,5 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$L_o = 96 \text{ kg/m}^2 \text{ (beban hidup lantai atap)}$$

$$R_1 = 0,6 \text{ (untuk } A_{TT} \geq 55,74 \text{ m}^2)$$

$$R_2 = 1$$

$$L_r = L_o.R_1.R_2 = 57,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Syarat} = 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai koridor

$$L_o = 479 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 479 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \times A_T}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 479 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{304,5}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 245,20 \text{ kg/m}^2 \geq 191,6 \text{ kg/m}^2$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai kamar

$$L_o = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 192 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \times A_T}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 192 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{304,5}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 98,28 \text{ kg/m}^2 \geq 76,8 \text{ kg/m}^2$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai kantor

$$L_o = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 240 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{KLL \times AT}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 240 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{304,5}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 122,85 \text{ kg/m}^2 \geq 96 \text{ kg/m}^2$$

Berikut adalah tabel pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai desain awal :

Tabel 4.5 Beban Total yang Diterima Kolom Lantai 5-Atap

Pelat Lt. 12 (Atap)						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai 12 (12 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.12	25578.00
Aspal	14	kg/m ²	10.5	7.25		1065.75
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00

$W_D =$						53346.38
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Lantai atap	57.6	kg/m ²	10.5	7.25		4384.80
Air Hujan	20	kg/m ²	10.5	7.25		1522.50
$W_L =$						5907.30
Pelat Lt. 6-11						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (12 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.12	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	27.7		3.2	8864.00
Kolom 80/80	2400	kg/m ³	0.8	0.8	3.2	4915.20
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00

BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
$W_D =$						67886.83
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	245.20	kg/m ²	10.5	2.1		5406.58
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
Kamar (Atas)	98.28	kg/m ²	10.5	1.65		1702.76
Kamar (Bawah)	98.28	kg/m ²	3.5	5.25		1805.96
$W_L =$						13420.78

Jadi berat total yang diterima satu kolom :

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 691091,93 \text{ kg}$$

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2)$$

$$A = 3 * \frac{P}{f'c} = 3 * \frac{691091,93}{400} = 5183,19 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h = \sqrt{A} = \sqrt{5183,19} = 71,99 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

Jadi dimensi yang kolom digunakan untuk lantai 5-atap adalah 80/80 cm

Tabel 4.6 Beban Total yang Diterima Kolom Lantai Basement-4

Pelat Lt. 5						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (12 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.12	25578.00

Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	20.9		5	10450.00
Kolom 80/80	2400	kg/m ³	0.8	0.8	5	7680.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						72237.63
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	245.20	kg/m ²	10.5	2.1		5406.58
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
Spa	479.00	kg/m ²	5.25	1.65		4149.34
H&B Treatments	479.00	kg/m ²	5.25	1.65		4149.34
Café	479.00	kg/m ²	3.5	5.25		8801.63
W _L =						27012.36

Pelat Lt. 2-4						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (12 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.12	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	27.7		3.5	9695.00
Kolom 100/100	2400	kg/m ³	1	1	3.5	8400.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						72202.63
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	245.20	kg/m ²	10.5	2.1		5406.58

Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
Kamar (Atas)	98.28	kg/m ²	10.5	1.65		1702.76
Kamar (Bawah)	98.28	kg/m ²	3.5	5.25		1805.96
W _L =						13420.78
Pelat Lt. 1						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (12 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.12	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	8.75		3.5	3062.50
Kolom 100/100	2400	kg/m ³	1	1	3.5	8400.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00

$W_D =$						65570.13
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Lobby	245.20	kg/m ²	10.5	3.75		9654.61
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
Office	122.85	kg/m ²	5.25	3.5		2257.44
$W_L =$						16417.53

Jadi berat total yang diterima satu kolom :

$$W_2 = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) + W_1$$

$$W_2 = 1250298,24 \text{ kg}$$

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ kg/cm}^2)$$

$$A = 3 \cdot \frac{P}{f'c} = 3 \cdot \frac{1250298,24}{400} = 8335,32 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h = \sqrt{A} = \sqrt{8335,32} = 91,3 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Jadi dimensi yang kolom digunakan untuk lantai basement-4 adalah 100/100 cm

4.1.4. Perencanaan Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm. Direncanakan :

- Tebal rencana dinding geser = 50 cm
- Panjang bentang = 1050 cm
- Tinggi lantai = 500 cm
- 50 cm \geq H / 25 = 500/25 = 20 cm (OK)
- 50 cm \geq L / 25 = 1050/25 = 42 cm (OK)

Jadi, tebal shearwall sebesar 50 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1.

BAB V

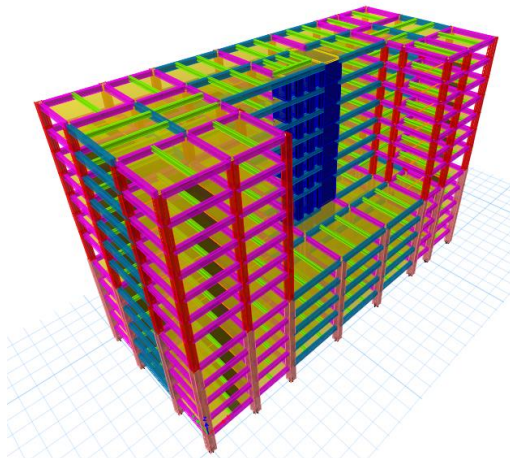
PERMODELAN DAN PEMBEBANAN STRUKTUR

5.1. Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban-beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013, PPIUG 1983 dan SNI 2843:2013, dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012, yang didalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

5.2. Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa, perlu suatu pemodelan struktur. Struktur pemodelan gedung yang akan dianalisa memiliki 12 lantai dan 1 basement dengan tinggi total gedung $\pm 38,2$ m. Pemodelan gedung berlokasi di Surabaya dengan kelas situs SE.



Gambar 5.1 Permodelan Struktur pada ETABS

5.3. Pembebanan Gravitasi

Pembebanan gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Beban mati dan hidup yang diperhitungkan berupa :

a. Beban Mati (PPIUG 1983)

Berat sendiri beton bertulang	: 2400 kg/m ³
Spesi (1 cm)	: 21 kg/m ³
Keramik	: 24 kg/m ²
Dinding bata ringan	: 100 kg/m ²
Plafond	: 11 kg/m ²
Penggantung	: 7 kg/m ²
Ducting + Plumbing	: 30 kg/m ²

b. Beban Hidup (SNI 1727:2013)

Lantai Apartemen	: 245,2 kg/m ² (sudah di reduksi)
------------------	--

Dari analisa yang telah dilakukan, berikut adalah rekap pembebanan gravitasi pada gedung apartemen The Arundaya

Tabel 5.1 Rekap Pembebanan Gravitasi

Keterangan	n Lantai	W _D	W _L
		kg	kg
Lt. 12	1	851,462.70	91,048.08
Lt. 6-11	6	5,179,174.20	858,738.21
Lt. 5	1	1,069,333.20	599,887.95
Lt. 2-4	3	3,218,394.60	580,126.09
Lt. 1	1	1,072,798.20	365,137.47
Dinding	All	2,266,436.00	
Kolom	All	2,494,684.80	
Shearwall	All	1,273,518.00	
Total		17,425,801.70	2,494,937.80
W _D + W _L		19,920,739.50	

$W_D + W_L$ ETABS	19,631,064.93
Kontrol Selisih	1.48%

Didapatkan total beban mati dan beban hidup ($1D + 1L$) yang dihitung manual sebesar 19920739,5 kg. Pembebanan yang diinputkan pada ETABS harus mendekati dengan hasil perhitungan manual dengan batas toleransi 5%.

Dari hasil pembebanan melalui program bantu ETABS didapat sebesar 19631064,93. Maka, didapatkan selisih perhitungan beban secara manual dan ETABS sebesar 1,48%.

5.4. Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012

5.4.1. Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung apartemen termasuk dalam kategori resiko II dengan factor keutamaan gempa (I) 1,0

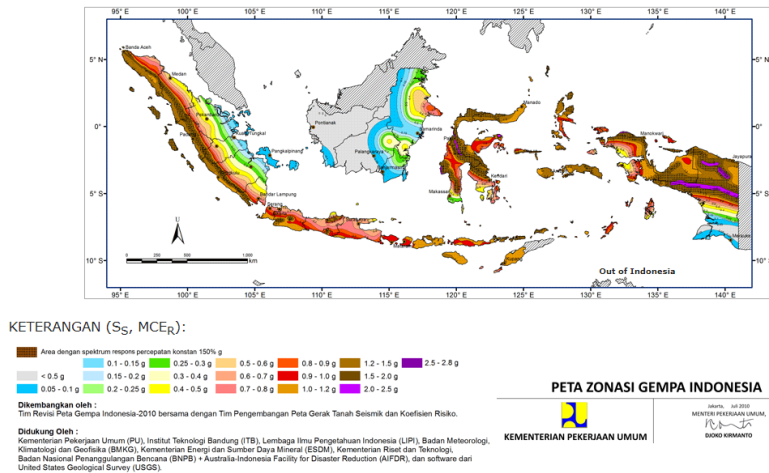
5.4.2. Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapatkan dari hasil pengumpulan data tanah. Pada proyek pembangunan gedung The Arundaya didapatkan nilai N (tes NSPT) yang termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak).

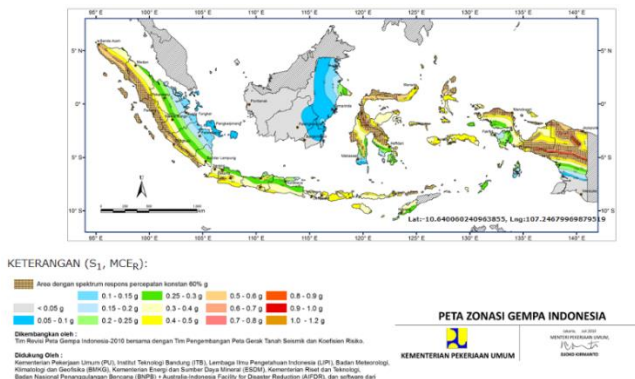
5.4.3. Parameter Respon Spektral

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respon Spektrum (MCE).

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Gambar 5.2 Peta untuk Menentukan Nilai S_s

S_s , Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCE_R). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spectral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SE. Dari Gambar 5.2 untuk daerah Surabaya didapatkan nilai $S_s = 0.663$ g.

Gambar 5.3 Peta untuk Menentukan Nilai S_1

S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spectral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SE. Dari Gambar 5.3 untuk wilayah Surabaya $S_1 = 0,247g$.

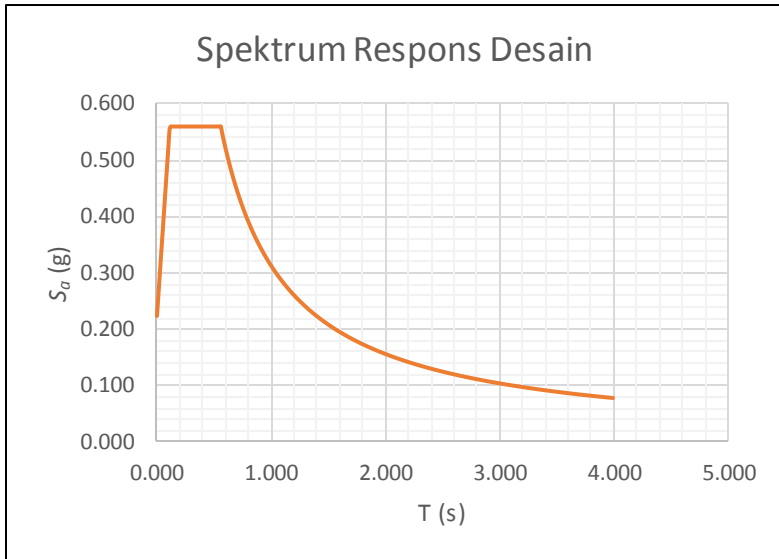
Hasil perhitungan parameter percepatan spectral desain (S_{DS} , dan S_{D1}), desain respon spectral (T_0 dan T_s) http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dituliskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.2 Parameter Percepatan Spektral Desain Surabaya Situs Tanah SE

Parameter	Nilai
PGA (g)	0.325
S_s (g)	0.663
S_1 (g)	0.247
C_{RS}	0.991
C_{R1}	0.929
F_{PGA}	1.175
F_A	1.27
F_V	1.906
PSA (g)	0.382
S_{MS} (g)	0.842
S_{M1} (g)	0.471
S_{DS} (g)	0.561
S_{D1} (g)	0.314
T_0 (detik)	0.112
T_s (detik)	0.56

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Respon Spektrum Desain

T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0.000	0.224	2.260	0.139
0.112	0.561	2.360	0.133
0.560	0.561	2.460	0.128
0.660	0.476	2.560	0.123
0.760	0.413	2.660	0.118
0.860	0.365	2.760	0.114
0.960	0.327	2.860	0.110
1.060	0.296	2.960	0.106
1.160	0.271	3.060	0.103
1.260	0.249	3.160	0.099
1.360	0.231	3.260	0.096
1.460	0.215	3.360	0.093
1.560	0.201	3.460	0.091
1.660	0.189	3.560	0.088
1.760	0.178	3.660	0.086
1.860	0.169	3.760	0.084
1.960	0.160	3.860	0.081
2.060	0.152	3.960	0.079
2.160	0.145	4.000	0.079



Gambar 5.4 Grafik Respon Spektrum Desain

5.5. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = C_u \times T_a$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 15, tipe struktur sistem rangka pemikul momen menggunakan nilai parameter periode pendekatan C_t adalah 0,0488, nilai x digunakan 0,75 dan ketinggian gedung 38,2 m.

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$T_a = 0,0488 \times 38,2^{0,75}$$

$$T_a = 0,7498 \text{ s}$$

Dimana :

T_a = Periode fundamental pendekatan

C_t = Koefisien Pendekatan

h_n = Ketinggian Struktur

Tabel 5.4 Koefisien Batas Atas Perioda Gedung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Perhitungan waktu getar alami fundamental menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 0,7498$$

$$T = 1,04977 \text{ s}$$

Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u).

$$T < C_u \times T_a$$

Nilai T didapat dari permodelan ETABS yang telah diinput gaya gempa dinamik.

Tabel 5.5 Modal Periode dan Frekuensi

Case	Mode	Period (sec)
Modal	1	1.367
Modal	2	1.287
Modal	3	0.872
Modal	4	0.4
Modal	5	0.279
Modal	6	0.241
Modal	7	0.222

Modal	8	0.144
Modal	9	0.133
Modal	10	0.116
Modal	11	0.097
Modal	12	0.087
Modal	13	0.069
Modal	14	0.069
Modal	15	0.065
Modal	16	0.052
Modal	17	0.051
Modal	18	0.047
Modal	19	0.044
Modal	20	0.04

Nilai T yang didapat dari ETABS untuk dominan arah x sebesar 0,954 s, sedangkan untuk nilai T dominan arah y sebesar 1,267 s. Maka,

$$T_a < T_x \text{ ETABS} < C_u \times T_a$$

$$0,7498 \text{ s} < 1,287 \text{ s} < 1,04977 \text{ s} \dots \text{NOT OK!}$$

$$T_a < T_y \text{ ETABS} < C_u \times T_a$$

$$0,7498 \text{ s} < 1,367 \text{ s} < 1,04977 \text{ s} \dots \text{NOT OK!}$$

Sehingga diambil nilai T_x dan T_y sebesar = 1,04977 s dari batas atas untuk menentukan nilai koefisien respon seismik.

5.6. Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respon seismic, C_s , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R}; S_{DS} = 0,561; I_o = 1; R = 7$$

$$C_s = \frac{0,561}{\frac{7}{1}} = 0,08014$$

Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9) dan nilai Cs tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_o}\right)}$$

Dimana :

$$S_{D1} = 0,314$$

$$R = 7$$

$$T = 1,04977$$

$$I_o = 1$$

$$C_s = \frac{0,314}{1,04977 \left(\frac{7}{1}\right)}$$

$$C_s = 0,04273$$

Dan nilai Cs tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_o \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,561 \times 1 = 0,024684 \geq 0,01$$

Maka nilai Cs diambil **0,04273**

Untuk perhitungan gempa factor reduksi beban hidup untuk bangunan apartemen sebesar 0,3 sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan (W) sebagai berikut :

Tabel 5.6 Berak Efektif Struktur

Load Case/Combo	FZ
	kgf
D+0.3L	17797388

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,04273 \\
 W &= 17797388 \text{ kg} \\
 V &= C_s \times W \\
 &= 0,04273 \times 17797388 \\
 &= 760488,25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 V/V_t$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1.). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) sebagai berikut :

Tabel 5.7 Reaksi Beban Gempa Arah X dan Y

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
Eq x Max	541309,9	326770,1
Eq y Max	332124,9	503809,7

$$\begin{aligned}
 V &= 760488,25 \text{ kg} \\
 V_{xt} &= 541309,9 \text{ kg} \\
 V_{yt} &= 503809,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka untuk arah x,

$$\begin{aligned}
 V_{xt} &> 0,85 V \\
 541309,9 \text{ kg} &> 0,85 \times 760488,25 \text{ kg} \\
 541309,9 \text{ kg} &< 646415,01 \text{ kg..NOT OK!}
 \end{aligned}$$

Maka untuk arah y,

$$\begin{aligned}
 V_{yt} &> 0,85 V \\
 503809,7 \text{ kg} &> 0,85 \times 760488,25 \text{ kg} \\
 503809,7 \text{ kg} &< 646415,01 \text{ kg..NOT OK!}
 \end{aligned}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 03-1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala $0,85V/V_t$

Arah x :

$$\frac{0,85 V}{V_{xt}} = \frac{0,85 \times 760488,25}{541309,9} = 1,194$$

Arah y :

$$\frac{0,85 V}{V_{yt}} = \frac{0,85 \times 760488,25}{503809,7} = 1,283$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang sesuai dengan tabel berikut ini.

Tabel 5.8 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah *Scale Factor*

Load Case/Combo	FX	FY
	kgf	kgf
Eq x Max	651042	399122,6
Eq y Max	424258,2	653485,4

$$V = 760488,25 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 651042 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 653485,4 \text{ kg}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85 V$$

$$651042 \text{ kg} > 0,85 \times 760488,25 \text{ kg}$$

$$651042 \text{ kg} > 646415,01 \text{ kg} \text{..OK!}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 V$$

$$653485,4 \text{ kg} > 0,85 \times 760488,25 \text{ kg}$$

$$653485,4 \text{ kg} > 646415,01 \text{ kg}.. \text{OK!}$$

Hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

5.7. Kontrol Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem Rangka Pemikul Momen (SPRM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SPRM dan Dinding Geser (*Shearwall*).

Tabel 5.9 Reaksi Perletakan dan Presentase Gaya Geser yang Dipikul akibat Gempa Arah X dan Y

No.	Kombinasi	Presentase Dalam Menahan Gempa (%)			
		FX		FY	
		SRPM	Shear Wall	SRPM	Shear Wall
1	0.9D + Eq x	35.45	64.55	32.01	67.99
2	0.9D + Eq y	35.05	64.95	34.26	64.73
3	1.2D + L + Eq x	35.15	64.85	31.56	68.44
4	1.2D + L + Eq y	34.74	65.26	34.24	65.76

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

5.8. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang-kurangnya adalah 90%.

Tabel 5.10 Modal Partisipasi Massa

Case	Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.0219	0.0716	0
Modal	2	0.4325	0.3383	0
Modal	3	0.7051	0.6643	0
Modal	4	0.7056	0.6801	0
Modal	5	0.8607	0.6878	0
Modal	6	0.8647	0.8437	0
Modal	7	0.8674	0.8612	0
Modal	8	0.9161	0.8621	0
Modal	9	0.9171	0.8624	0
Modal	10	0.9171	0.919	0
Modal	11	0.9177	0.9198	0
Modal	12	0.9493	0.9199	0

Tabel 5.11 Partisipasi Massa Statis dan Dinamis

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	98.66
Modal	Acceleration	UY	100	96.94

Dari 2 tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai lebih dari 90% untuk arah X dan arah Y, maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 telah terpenuhi.

5.9. Kontrol Simpangan (*Drift*)

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan pengguna jasa, mencegah kerusakan non-struktur, serta membatasi keretakan beton yang berlebihan. Nilai dari simpangan antar lantai ini dihitung dengan aplikasi program bantu struktur yang selanjutnya batasan simpangan dinyatakan tabel batas simpangan pada SNI 1726:2012, sebagai berikut :

Tabel 5.12 Batas Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen khusus termasuk kedalam semua struktur lainnya, drift dibatasi sebesar :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\
 &= 0,020 \times 3200 = 64 \text{ mm (Lantai 6-12)} \\
 &= 0,020 \times 5000 = 100 \text{ mm (Lantai 5)} \\
 &= 0,020 \times 3500 = 70 \text{ mm (Lantai Basement-4)}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.13 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

Story	hsx	δ_{ei}	δ_i	Δ_i	Δ_{ijin}	Ket.
	mm	mm	mm	mm	mm	
12	3200	15.883	87.3565	4.411	64	OK
11	3200	15.081	82.9455	5.2195	64	OK
10	3200	14.132	77.726	5.984	64	OK
9	3200	13.044	71.742	6.7265	64	OK

8	3200	11.821	65.0155	7.4195	64	OK
7	3200	10.472	57.596	8.0465	64	OK
6	5000	9.009	49.5495	14.113	100	OK
5	3500	6.443	35.4365	8.778	70	OK
4	3500	4.847	26.6585	8.569	70	OK
3	3500	3.289	18.0895	7.9805	70	OK
2	3500	1.838	10.109	6.6385	70	OK
1	3500	0.631	3.4705	3.4705	70	OK

Tabel 5.14 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

Story	hsx	δ_{ei}	δ_i	Δ_i	Δ_{ijin}	Ket.
	mm	mm	mm	mm	mm	
12	3200	23.357	128.4635	8.0905	64	OK
11	3200	21.886	120.373	9.009	64	OK
10	3200	20.248	111.364	9.8175	64	OK
9	3200	18.463	101.5465	10.56	64	OK
8	3200	16.543	90.9865	11.209	64	OK
7	3200	14.505	79.7775	11.7865	64	OK
6	5000	12.362	67.991	19.866	100	OK
5	3500	8.75	48.125	12.298	70	OK
4	3500	6.514	35.827	11.726	70	OK
3	3500	4.382	24.101	10.714	70	OK
2	3500	2.434	13.387	8.822	70	OK
1	3500	0.83	4.565	4.565	70	OK

Simpangan yang terjadi didapat dari hasil program bantu ETABS. Berdasarkan persyaratan besarnya kinerja layan yang terjadi pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.3, yaitu:

$$\Delta n = \frac{(\delta_2 - \delta_1)cd}{l} < \Delta a$$

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan

5.10. Analisa Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana ed sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.2 dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

$$e_{dx} = e_x + (0,05B_x)$$

$$e_{dy} = e_y + (0,05B_y)$$

Dimana :

e_{0x} dan e_{0y} = eksentrisitas bawaan gedung

$0,05 B_x$ dan $0,05 B_y$ = eksentrisitas tak terduga

B_x = panjang gedung arah x

B_y = panjang gedung arah y

Berdasarkan hasil dari ETABS maka didapatkan eksentrisitas pada Tabel berikut:

Tabel 5.15 Kontrol Eksentrisitas Aktual

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		$0.05b_y$	$0.05b_x$	Kontrol	
	X	Y	X	Y	X	Y			X	Y
1	30.01	12.54	32.21	13.02	-2.21	-0.48	1.28	2.98	Not OK	OK
2	30.00	12.60	33.08	12.72	-3.08	-0.12	1.28	2.98	Not OK	OK
3	30.00	12.60	33.52	12.42	-3.53	0.18	1.28	2.98	Not OK	OK
4	30.00	12.60	33.73	12.21	-3.73	0.40	1.28	2.98	Not OK	OK
5	30.04	12.87	33.80	12.08	-3.76	0.79	1.28	2.98	Not OK	OK
6	29.90	14.61	33.81	12.07	-3.91	2.54	1.28	2.98	Not OK	OK
7	29.84	14.64	33.76	12.08	-3.92	2.56	1.28	2.98	Not OK	OK

8	29.84	14.64	33.65	12.11	-3.81	2.53	1.28	2.98	Not OK	OK
9	29.84	14.64	33.51	12.16	-3.67	2.48	1.28	2.98	Not OK	OK
10	29.84	14.64	33.34	12.21	-3.50	2.43	1.28	2.98	Not OK	OK
11	29.84	14.64	33.17	12.26	-3.33	2.38	1.28	2.98	Not OK	OK
12	29.82	14.74	33.03	12.29	-3.22	2.45	1.28	2.98	Not OK	OK

Dari Hasil perhitungan dan kontrol eksentrisitas aktual akibat eksentrisitas tak terduga di atas, didapatkan bahwa hanya eksentrisitas arah y saja yang memenuhi syarat $e_y > 0,05 B_x$, maka diperlukan perhitungan untuk mencari pusat massa baru. Perhitungan pusat massa baru dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.16 Perhitungan Eksentrisitas Rencana Tiap Lantai

Lantai	Eksentrisitas (e)		$e_d = 1.5e + 0.05b$		$e_d = e - 0.05b$		e_d pakai	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Story1	-2.21	-0.48	2.03	2.26	3.48	3.46	3.48	3.46
Story2	-3.08	-0.12	3.35	2.80	4.36	3.10	4.36	3.10
Story3	-3.53	0.18	4.02	3.25	4.80	2.80	4.80	3.25
Story4	-3.73	0.40	4.32	3.57	5.01	2.58	5.01	3.57
Story5	-3.76	0.79	4.36	4.16	5.03	2.19	5.03	4.16
Story6	-3.91	2.54	4.59	6.79	5.19	0.44	5.19	6.79
Story7	-3.92	2.56	4.60	6.82	5.19	0.42	5.19	6.82
Story8	-3.81	2.53	4.45	6.77	5.09	0.45	5.09	6.77
Story9	-3.67	2.48	4.23	6.70	4.95	0.50	4.95	6.70
Story10	-3.50	2.43	3.98	6.62	4.78	0.55	4.78	6.62
Story11	-3.33	2.38	3.72	6.55	4.60	0.60	4.60	6.55
Story12	-3.22	2.45	3.55	6.66	4.49	0.53	4.49	6.66

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

6.1. Umum

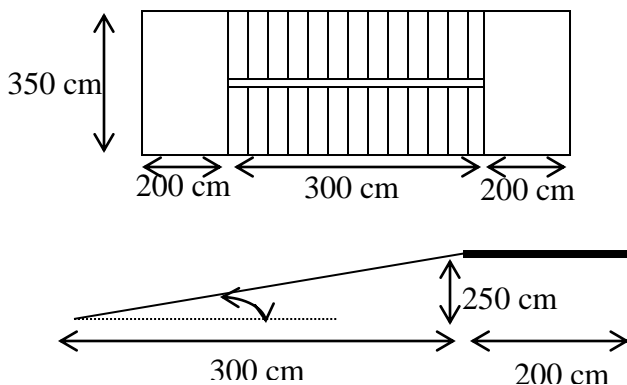
Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

6.2. Perencanaan Tangga

6.2.1. Data-data Perencanaan Tangga

Tipe tangga	= Tangga 2 (dekat lift)
Tinggi antar lantai	= 500 cm (lantai dasar-5)
Tinggi injakan (t)	= 20 cm
Lebar injakan	= 25 cm
Tinggi pelat tangga (tp)	= 16 cm
Tebal pelat bordes	= 16 cm
Elevasi bordes	= 250 cm
Lebar bordes	= 200 cm
Panjang bordes	= 350 cm
Lebar tangga	= 160 cm
Decking tulangan	= 2 cm
Kemiringan tangga	= $\arctan \alpha \frac{250}{300} = 39,8^\circ$
Tebal pelat rata-rata	= Tebal pelat tangga + Tr
Mutu beton (f'_c)	= 35 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 420 Mpa

Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6.1 Denah Tangga

Cek syarat :

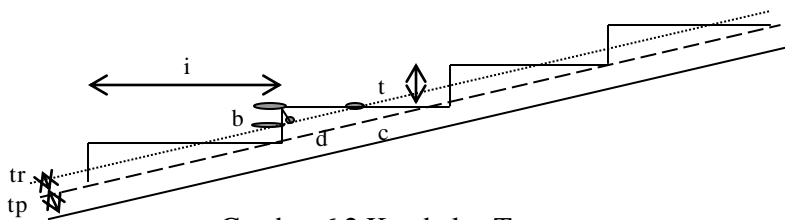
- $60 \leq (2t + i) \leq 65$
 $2t + I = (2 \times 16 + 30) = 62 \dots \text{OK!}$
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $\alpha = \arctan\left(\frac{250}{300}\right) = 39,8^\circ \dots \text{OK!}$

Tebal pelat anak tangga rata-rata

$$\begin{aligned}
 &= (i/2) \sin \alpha \\
 &= (25/2) \sin 39,8 \\
 &= 8,0023 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tebal pelat rata-rata

$$\begin{aligned}
 &= \text{tebal pelat tangga} + t_r \\
 &= 16 + 8,0023 \\
 &= 24,0023 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.2 Ketebalan Tangga

6.2.2. Perhitungan Analisa Struktur

1. Pelat Tangga

- Beban Mati

$$\text{Pelat Tangga} = \frac{0,25 \times 2400 \times 1,6}{(\cos 39,8^\circ)} = 1249,64 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 1,6 \times 24 = 38,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi (1 cm)} = 1,6 \times 21 = 33,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} = 1371,64 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup
 - ql = 479 x 1,6
 - = 766,4 kg/m

- $Q_u = 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$
 $= 2872,21 \text{ kg/m}$

2. Pelat Bordes

- Beban Mati

$$\text{Pelat Bordes} = 0,16 \times 2400 \times 1,6 = 614,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel} = 1,6 \times 24 = 38,4 \text{ kg/m}$$

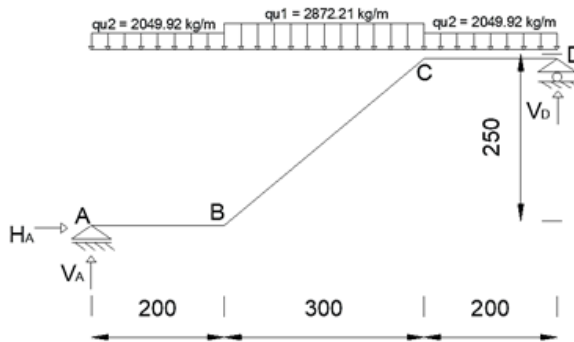
$$\text{Spesi (1 cm)} = 1,6 \times 21 = 33,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} = 686,4 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup
 - ql = 479 x 1,6
 - = 766,4 kg/m

- $Q_u = 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$
 $= 2049,92 \text{ kg/m}$

6.2.3. Perhitungan Gaya Dalam



Gambar 6.3 Beban pada Tangga

Reaksi perletakan

$$qu1 = 2872,21 \text{ kg/m}$$

$$qu2 = 2049,92 \text{ kg/m}$$

$$\bullet \sum H = 0 \rightarrow H_A = 0$$

$$\bullet \sum M_A = 0$$

$$R_D (7) - qu2 (2)(1) - qu1 (3)(3,5) - qu2 (2)(6) = 0$$

$$R_D = \frac{4099,84 + 30158,205 + 24599,04}{7} = 8408.16 \text{ kg}$$

$$\bullet \sum V = 0$$

$$R_A = qu1 (3) + qu2 (2) + qu2 (2) - 8408.16$$

$$= 8408.16 \text{ kg}$$

1. Perhitungan pada A-B dan C-D

$$\text{Bidang N} \quad N_{AB} = 0$$

$$\text{Bidang D} \quad D_A = R_A = 8408.16 \text{ kg}$$

$$D_B \text{ kiri} = R_A - qu2 (2)$$

$$= 4308,32 \text{ kg}$$

$$\text{Bidang M}$$

$$M_A = 0 \text{ kgm}$$

$$M_B \text{ kiri} = R_A (2) - \frac{1}{2} qu2 (2)^2$$

$$= 12716,48 \text{ kgm}$$

2. Perhitungan pada B-C

Bidang N $N_{B \text{ kanan}} = -R_A \sin \alpha + (qu_2 \cdot \sin \alpha \cdot L_{BC})$
 $= -2757,79 \text{ kg}$

$$N_{C \text{ kiri}} = N_{B \text{ kanan}} + (qu_1 \cdot \sin \alpha \cdot L_{BC})$$

$$= 2757,79 \text{ kg}$$

Bidang D $D_{B \text{ kanan}} = R_A \cos \alpha - (qu_2 \cdot \cos \alpha \cdot L_{ab})$
 $= 3310,01 \text{ kg}$

$$D_{C \text{ kiri}} = D_A - (qu_1 \cdot \cos \alpha \cdot L_{ab})$$

$$= -3310,01 \text{ kg}$$

Bidang M

$$M_{\text{Max}} \rightarrow \text{ditengah}$$

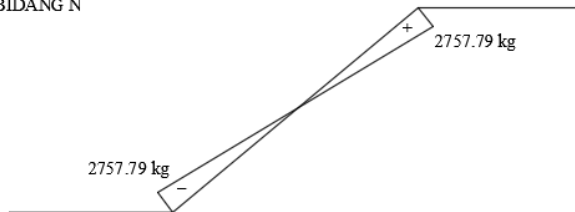
$$M_{\text{Max}} = R_A \cdot 3,5 - 1,5 \cdot qu_1 \cdot 0,75 - 2 \cdot qu_2 \cdot 2,5$$

$$= 15947,72 \text{ kgm}$$

$$M_{B \text{ Kanan}} = M_{C \text{ Kiri}}$$

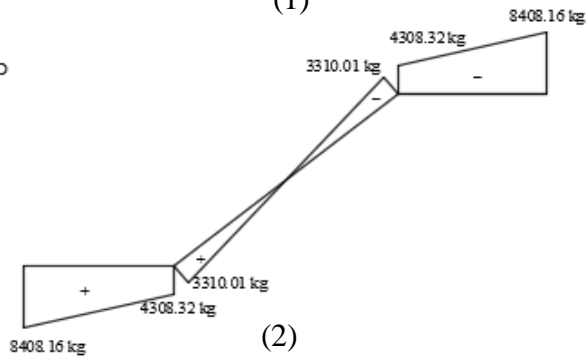
$$= 12716,48 \text{ kgm}$$

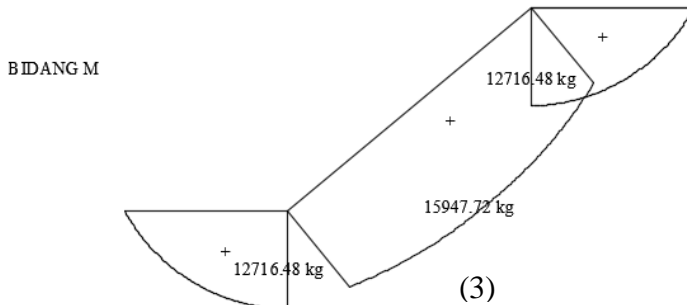
BIDANG N



(1)

BIDANG D





Gambar 6.4 Gambar Gaya Dalam (1) Bidang N (2) Bidang D (3) Bidang M

6.2.4. Perhitungan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

a. Pelat Tangga

- $f'_c = 35 \text{ Mpa}$
- $f_y = 420 \text{ Mpa}$
- $\beta_1 = 0,8$ (untuk $f'_c = 35 \text{ Mpa}$)
- $\rho_{\min} = 0,0018$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$
 $= 0,0333$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0333 = 0,0250$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,12$
- Direncanakan Tulangan D-19 mm ($A_s = 283,53 \text{ mm}^2$)
- Tebal selimut beton (d') = 20 mm
- $dx = 160 - 20 - (0,5 \times 19) = 130,5 \text{ mm}$

1. Perhitungan Penulangan Lentur (SNI 2847:2013, Pasal 9.3.2.7)

- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{159477200}{0,9 \times 1600 \times 130,5^2} = 6,5 \text{ Mpa}$

- $\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$
 - $\rho = \frac{1}{14,12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 6,5}{420}} \right)$
 $= 0,01769$
 $\rho_{perlu} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{perlu}!$
 - $As = \rho \times b \times d = 0,01769 \times 1600 \times 130,5$
 $= 3694,32 \text{ mm}^2$
 - Jumlah Tulangan :
 $n = \frac{3694,32}{283,53} = 13,03 \sim 14 \text{ buah}$
 - Jarak Tulangan :
 $s = \frac{1600}{14} = 114,285 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 110 \text{ mm}$
 - As pakai = $14 \times 283,53 = 3969,42 \text{ mm}^2$
- Maka digunakan tulangan lentur D19-110 mm**

- As tulangan bagi = $20\% \times As \text{ pakai}$
 $= 20\% \times 3969,42$
 $= 793,884 \text{ mm}^2$
- As (D10) = $0,25 \times \pi \times 10^2$
 $= 78,57 \text{ mm}^2$
- n tulangan = $As \text{ tulangan bagi} / As (D10)$
 $= 793,88 / 78,57 = 10,1 \sim 11 \text{ buah}$
- Spasi = $\frac{1600}{11}$
 $= 145 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 140 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan bagi D10-140 mm

- Perhitungan Penulangan Geser (SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1) Komponen struktur dibebani geser dan lentur
 - $V_u \leq 0,5 \phi V_c$ (tidak perlu penguatan geser)
 - $V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$
 $= 0,17 \times \sqrt{35} \times 1600 \times 130,5 = 212410,9 \text{ N}$
 - $0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 212410,93 = 79654,1 \text{ N}$

- $V_u = 33100,1 \text{ N} \leq 0,5 \phi V_c = 79654,1 \text{ N}$
Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

3. Penulangan Susut

- $\rho_{\min} = 0,0018$ (SNI 2846:2013, Pasal 7.12.2.1)
- As perlu
$$= \rho \times bw \times d$$
$$= 0,0018 \times 1600 \times 130,5$$
$$= 375,84 \text{ mm}^2$$
- As (D10)
$$= 0,25 \times \pi \times 10^2$$
$$= 78,57 \text{ mm}^2$$
- n tulangan
$$= \text{As perlu} / \text{As (D10)}$$
$$= 375,84 / 78,57 = 4,783 \sim 5 \text{ buah}$$
- Spasi
$$= \frac{1600}{5}$$
$$= 320 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-250 mm

b. Pelat Bordes

- $f'_c = 35 \text{ Mpa}$
- $f_y = 420 \text{ Mpa}$
- $\beta_1 = 0,8$ (untuk $f'_c = 35 \text{ Mpa}$)
- $\rho_{\min} = 0,0018$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0333$$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0333 = 0,0250$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,12$
- Direncanakan Tulangan D-16 mm (As = 201,06 mm²)
- Tebal selimut beton (d') = 20 mm
- $dx = 160 - 20 - (0,5 \times 16) = 132 \text{ mm}$

1. Perhitungan Penulangan Lentur (SNI 2847:2013, Pasal 9.3.2.7)

- $R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{127164800}{0,9 \times 2000 \times 132^2} = 4,6338 \text{ Mpa}$

- $\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$
 - $\rho = \frac{1}{14,12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 4,6338}{420}} \right)$
 $= 0,012059$
 $\rho_{perlu} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{perlu}!$
 - $As = \rho \times b \times d = 0,012059 \times 2000 \times 132$
 $= 2785,734 \text{ mm}^2$
 - Jumlah Tulangan :
 $n = \frac{2785,734}{201,06} = 13,855 \sim 14 \text{ buah}$
 - Jarak Tulangan :
 $s = \frac{2000}{14} = 142,9 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 125 \text{ mm}$
 - As pakai = $14 \times 201,06 = 2814,867 \text{ mm}^2$
- Maka digunakan tulangan lentur D16-125 mm**

- As tulangan bagi = $20\% \times As \text{ pakai}$
 $= 20\% \times 2814,867$
 $= 563 \text{ mm}^2$
- As (D10) = $0,25 \times \pi \times 10^2$
 $= 78,57 \text{ mm}^2$
- n tulangan = $As \text{ tulangan bagi} / As (D10)$
 $= 563 / 78,57 = 7,17 \sim 8 \text{ buah}$
- Spasi = $\frac{2000}{8}$
 $= 250 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 200 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan bagi D10-200 mm

- Perhitungan Penulangan Geser (SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1) Komponen struktur dibebani geser dan lentur
 - $V_u \leq 0,5 \phi V_c$ (tidak perlu penguatan geser)
 - $V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times bw \times d$
 $= 0,17 \times \sqrt{35} \times 2000 \times 132 = 265513,66 \text{ N}$
 - $0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 265514 = 99567,62 \text{ N}$

- $V_u = 84081,6 \text{ N} \leq 0,5 \phi V_c = 99567,62 \text{ N}$
Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

3. Penulangan Susut

- $\rho_{\min} = 0,0018$ (SNI 2846:2013, Pasal 7.12.2.1)
- As perlu
$$= \rho \times b_w \times d$$
$$= 0,0018 \times 2000 \times 132$$
$$= 475,2 \text{ mm}^2$$
- As (D10)
$$= 0,25 \times \pi \times 10^2$$
$$= 78,57 \text{ mm}^2$$
- n tulangan
$$= \text{As perlu} / \text{As (D10)}$$
$$= 475,2 / 78,57 = 6,05 \sim 7 \text{ buah}$$
- Spasi
$$= \frac{2000}{7}$$
$$= 285,71 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 250 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-250 mm

6.2.5. Perhitungan Balok Bordes

1. Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{350}{16} = 21,875 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2 \times 21,875}{3} = 14,583 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Didapat dimensi balok bordes 20/30 cm

2. Pembebanan Balok Bordes

- Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat bordes} = 2400 \times 2 \times 0,16 = 768 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat balok} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd total} = 912 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup (LL)

$$\text{ql total} = 479 \times 2,00 = 958 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi

$$\text{qu} = 1,2 (\text{DL}) + 1,6 (\text{LL}) = 2627 \text{ kg/m}$$

3. Data Perencanaan Penulangan Balok Bordes

- $f'_c = 35 \text{ Mpa}$

- $f_y = 420 \text{ Mpa}$
- $\beta_1 = 0,8$ (untuk $f'_c = 35 \text{ Mpa}$)
- $\rho_{\min} = 0,0018$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0,0333$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0333 = 0,025$
- $m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 435} = 14,12$
- Direncanakan Tulangan D-16 mm ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)
- Tebal selimut beton (d') = 20 mm
- $dx = 300 - 20 - (0,5 \times 16) = 272 \text{ mm}$

- Penulangan Balok Bordes

a. Tulangan Negatif Tumpuan

- $M_u = \frac{1}{16} \times q \times l^2 = \frac{1}{16} \times 2627 \times 3,5^2 = 2011,5 \text{ kgm}$
- $R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{20114500}{0,9 \times 2000 \times 272^2} = 1,51 \text{ Mpa}$
- $\rho = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,51}{420}} \right) = 0,00368$
 $\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{\text{perlu}}!$
- As perlu = $\rho \times b \times d$
 $= 0,00368 \times 200 \times 272$
 $= 200,19 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan = $200,19/201,6 = 0,996 \approx 2$ buah
- **Dipakai tulangan = 2 D16 (tumpuan negatif)**
- As pakai = $402,124 \text{ mm}^2$

b. Tulangan Positif Lapangan

- $M_u = \frac{1}{11} \times q \times l^2 = \frac{1}{11} \times 2627 \times 3,5^2 = 2925,7 \text{ kgm}$
- $R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{29257454,55}{0,9 \times 2000 \times 272^2} = 2,197 \text{ Mpa}$
- $\rho = \frac{1}{12,353} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 2,197}{420}} \right) = 0,00541$

- $\rho_{perlu} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{perlu}!$
 • As perlu $= \rho \times b \times d$
 $= 0,00541 \times 200 \times 272$
 $= 294,40 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan $= 294,40/201,6 = 1,46 \approx 2$ buah
Dipakai tulangan = 2 D16 (lapangan positif)
- As pakai $= 402,124 \text{ mm}^2$

c. Penulangan geser

- $0,5 \phi V_c \leq V_u \leq V_c$ (perlu tulangan minimum)
- $V_u = \frac{q \times l}{2} = \frac{2627 \times 3,5}{2} = 4597,6 \text{ kg} \approx 45976 \text{ N}$
- $V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$
 $= 0,17 \times \sqrt{40} \times 200 \times 272 = 58489 \text{ N}$
- $0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 58489 = 21933,375 \text{ N}$
- $0,5 \phi V_c = 21933,375 \leq V_u = 45976 \text{ N} \leq V_c = 58489 \text{ N}$ (perlu tulangan minimum)
- $V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi} = \frac{45976}{0,75} = 61301,33 \text{ N}$
- As D10 $= 78,54 \text{ mm}^2$
- $A_v = 2 \times \text{As D10} = 157,08 \text{ mm}^2$
- $S_{maks} = A_v / V_s \times f_y \times d_x = \frac{157,08}{61301,33} \times 420 \times 272$
 $= 292,73 \sim 250$

Maka digunakan tulangan geser D10-250

Berikut adalah tabel rekapitulasi penulangan pelat tangga.

Tabel 6.1 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Bagi	Susut
Pelat Tangga	D19-110	D10-140	D10-250
Pelat Bordes	D16-125	D10-200	D10-250
Balok Bordes	2D16	Geser	
		D10-250	

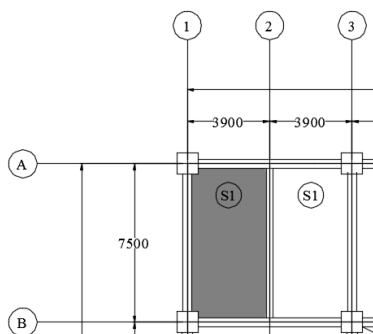
6.3. Perencanaan Pelat

Pelat yang direncanakan dibagi menjadi dua, yaitu pelat atap dan pelat lantai. Seperti yang telah dijelaskan pada bab preliminary desain, tipe pelat direncanakan dengan ketebalan 14 cm untuk pelat lantai dan 14 cm untuk pelat atap.

6.3.1. Data Perencanaan

Data perencanaan pelat meliputi mutu bahan dan tulangan yang akan direncanakan, dimensi dan pembebanan yang terjadi di area pelat baik untuk pelat atap ataupun pelat lantai. Mutu bahan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary desain sebagai berikut :

- Mutu beton = 35 Mpa
- Mutu baja = 420 Mpa
- Tebal pelat atap = 12 cm
- Tebal pelat lantai = 12 cm
- Diameter tulangan rencana = 8 mm
- Tebal selimut di atap (d') = 40 mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.7)
- Tebal selimut di lantai (d') = 20 mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.7)
- Tipe pelat = S1
- Panjang pelat = 750 cm
- Lebar pelat = 390 cm
- L_n = 710 cm
- S_n = 355 cm
- $\beta = \frac{710}{355} = 2 > 2$ (pelat 1 arah)



Gambar 6.5 Pelat lantai tipe S1

6.3.2. Pembebanan Pelat

Pembebanan pada pelat dibagi menjadi dua yaitu pembebanan pada pelat atap dan pembebanan pada pelat lantai. Hal ini dikarenakan beban yang bekerja pada pelat atap berbeda dari pelat lantai. Oleh karena itu perhitungan pembebanan dan penulangan dibedakan.

a. Pelat Atap

Beban yang bekerja pada pelat atap terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

- Beban Mati :

- Pelat atap	$= 0,12 \times 2400$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Penggantung		$= 7 \text{ kg/m}^2$
- Plafond		$= 11 \text{ kg/m}^2$
- Spesi (1 cm)		$= 21 \text{ kg/m}^2$
- Aspal		$= 14 \text{ kg/m}^2$
- Plumbing & Ducting		$= 30 \text{ kg/m}^2$
	q_{dl}	$= 371 \text{ kg/m}^2$

- Beban Hidup

•Beban pada atap datar	= 96 kg/m ²
•Beban air hujan	= 20 kg/m ²
qll	= 116 kg/m ²

Kombinasi beban

$$q_u = 1,2 (q_{dl}) + 1,6 (q_{ll}) = 631 \text{ kg/m}^2$$

b. Pelat Lantai

Beban yang bekerja pada pelat lantai juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

• Beban Mati :

- Pelat lantai	= 0,12 x 2400	= 288 kg/m ²
- Penggantung		= 7 kg/m ²
- Plafond		= 11 kg/m ²
- Spesi (1 cm)		= 21 kg/m ²
- Keramik		= 24 kg/m ²
- Plumbing & Ducting		= 30 kg/m ²
	q_{dl}	= 381 kg/m ²

• Beban Hidup

• Beban hidup apartemen	= 479 kg/m ²
	q_{ll} = 479 kg/m ²

Kombinasi beban

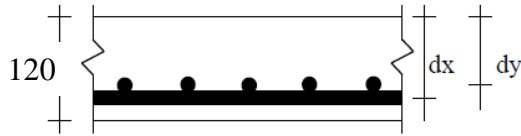
$$q_u = 1,2 (q_{dl}) + 1,6 (q_{ll}) = 1224 \text{ kg/m}^2$$

6.3.3. Penulangan Pelat

Perhitungan pelat terdiri dari berbagai tipe yaitu tipe pelat S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 dan S8. Selanjutnya akan ditampilkan contoh perhitungan penulangan pada pelat lantai tipe S1 dengan dimensi total adalah 7,5 x 3,9 m. Berikut ini merupakan contoh penulangan pada pelat tipe S1.

Untuk beton f'_c 35 Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \bullet \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} = 0,8 \end{aligned}$$



- $dx = h \text{ (tebal pelat)} - d' - 0,5 \times D_{\text{tulangan rencana}}$
 $= 120 - 20 - 0,5 (8)$
 $= 96 \text{ mm}$
- $dy = h \text{ (tebal pelat)} - d' - D_{\text{tulangan bawah}} - 0,5 \times D_{\text{tulangan rencana}}$
 $= 120 - 20 - 10 - 0,5 (8)$
 $= 88 \text{ mm}$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

- $m = \frac{fy}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,118$
- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = 0,00333 \text{ (Pasal 10.5.1)}$
 $= \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{fy} = 0,00352 \text{ (Pasal 10.5.1)}$
- $\rho_b = \frac{fy}{0,85 \times \beta_1 \times f'c} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$
 $= \frac{fy}{0,85 \times 0,8 \times 35} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$
 $= 0,033$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$

Pada pelat lantai tipe S1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan momen yang terjadi sebagai berikut :

- Untuk perhitungan pelat satu arah ditinjau pembebanan dalam 1 meter :
 $qu = 1224 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 1224 \text{ kg/m}$

- $Mlx = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$
- $Mtx = -0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$
- $Mly = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$

- $M_{ty} = -0,001 \times q_u \times Lx^2 \times X$

Dimana : M_{lx} = Momen lapangan arah x
 M_{ly} = Momen lapangan arah y
 M_{tx} = Momen tumpuan arah x
 M_{ty} = Momen tumpuan arah y
 X = Nilai konstanta dari perbandingan L_y/L_x

a. Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah X

- $M_{lx} = 0,001 \times 1224 \times 355^2 \times 41 = 632,44 \text{ kg.m}$
- $M_{tx} = -0,001 \times 1224 \times 355^2 \times 83 = 1280,3 \text{ kg.m}$
- $\phi = 0,9$ (penampang terkontrol tarik, SNI 2847:2013 Lamp.C)

- Lapangan

- $R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{6324400}{0,9 \times 1000 \times 96^2} = 0,762 \text{ Mpa}$
- $\rho = \frac{1}{14,118} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,118 \times 0,762}{420}} \right) = 0,0018$
 $\rho_{perlu} \leq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{min}!$
- $A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d x$
 $= 0,00352 \times 1000 \times 96$
 $= 338,06 \text{ mm}^2$
- $A_s \text{ (D8)} = 0,25 \times \pi \times D^2$
 $= 0,25 \times \pi \times 8^2$
 $= 50,27 \text{ mm}^2$
- $n_{\text{tulangan}} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ (D8)}} = \frac{338,06}{50,27} = 6,73 \approx 7 \text{ buah}$
- $S_{\text{tulangan}} = \frac{1000}{7} = 142,86 \text{ mm}$
- $S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}$ (SNI 2847:2013, Pasal 7.6.5)
- $A_s \text{ pakai} = n \times A_s \text{ (D8)}$
 $= 7 \times 50,27$
 $= 351,86 \text{ mm}^2$

Maka digunakan tulangan lentur lapangan arah x D8-125 mm

-Tumpuan

- $Rn = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{12803000}{0,9 \times 1000 \times 96^2} = 1,544 \text{ Mpa}$
- $\rho = \frac{1}{14,118} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,118 \times 1,544}{420}} \right) = 0,0038$
 $\rho_{perlu} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{perlu}!$
- $As \text{ perlu} = \rho \times b \times dx$
 $= 0,0038 \times 1000 \times 96$
 $= 362,48 \text{ mm}^2$
- $As (D8) = 0,25 \times \pi \times D^2$
 $= 0,25 \times \pi \times 8^2$
 $= 50,27 \text{ mm}^2$
- $n_{tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As (D8)} = \frac{362,48}{50,27} = 7,21 \approx 8 \text{ buah}$
- $S_{tulangan} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$
- $S_{max} = 450 \text{ mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.6.5)}$
- $As \text{ pakai} = n \times As (D8)$
 $= 8 \times 50,27$
 $= 402,12 \text{ mm}^2$

Maka digunakan tulangan lentur tumpuan arah x D8-100 mm

b. Penulangan Tumpuan dan Lapangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai $\rho_{min} = 0.0018$ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

- $As \text{ perlu} = \rho \times b \times dy$
 $= 0,0018 \times 1000 \times 88$
 $= 158,40 \text{ mm}^2$
- $As (D8) = 0,25 \times \pi \times D^2$
 $= 0,25 \times \pi \times 8^2$
 $= 50,27 \text{ mm}^2$
- $n_{tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{As (D8)} = \frac{189}{50,27} = 3,15 \approx 4 \text{ buah}$
- $S_{tulangan} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm} \sim \text{dipakai } 150 \text{ mm}$
- $S_{max} = 450 \text{ mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.6.5)}$

- $As \text{ pakai} = n \times As \text{ (D8)}$
 $= 4 \times 50,27$
 $= 201,06 \text{ mm}^2$

Maka digunakan tulangan lentur arah y D8-150 mm

Sedangkan pada pelat tipe S7, diketahui merupakan pelat dua arah. Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

- $Mlx = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$
- $Mtx = -0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$
- $Mly = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$
- $Mty = -0,001 \times qu \times Lx^2 \times X$

Dimana : Mlx = Momen lapangan arah x
 Mly = Momen lapangan arah y
 Mtx = Momen tumpuan arah x
 Mty = Momen tumpuan arah y
 X = Nilai konstanta dari perbandingan Ly/Lx

Dengan perhitungan yang sama untuk penulangan pelat S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7 dan S8 maka didapatkan jumlah tulangan seperti pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Tipe	Tulangan Arah X (mm)		Tulangan Arah Y (mm)	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
S1	D8-125	D8-100	D8-150	D8-150
S2	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S3	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S4	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S5	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S6	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150

S7	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S8	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150

Berikut adalah tabel penulangan pelat atap S1 hingga S8 dan didapatkan jumlah tulangan seperti pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Atap

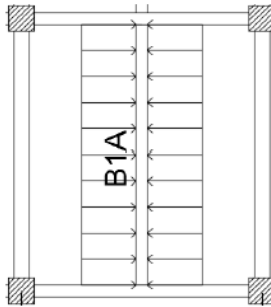
Tipe	Tulangan Arah X (mm)		Tulangan Arah Y (mm)	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
S1	D8-125	D8-100	D8-150	D8-150
S2	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S3	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S4	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S5	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S6	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S7	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150
S8	D8-125	D8-125	D8-150	D8-150

6.4. Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur gedung The Arundaya ini, dimensi balok anak yang digunakan sebagai contoh perhitungan adalah 30/55 cm untuk bentang 750 cm.

6.4.1. Perencanaan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 6.6 dan berikut adalah contoh perhitungan untuk penulangan balok anak di atap :



Gambar 6.6 Distribusi Beban pada Balok Anak

- Pembebanan Pelat Atap
 - $q_d = 419 \text{ kg/m}^2$
 - $q_l = 116 \text{ kg/m}^2$
- Pembebanan Balok Anak Atap
 - Beban mati (q_d) :
 - Berat sendiri balok $= 0,3 \times 0,55 \times 2400 = 396 \text{ kg/m}$
 - Beban mati pelat $= q_{d \text{ pelat}} \times l_x$
 $= 419 \times 3,55 = 1487,45 \text{ kg/m}$
 - $q_d = 1487,45 + 396 = 1883,45 \text{ kg/m}$
 - Beban hidup (q_l) :
 - $q_l = q_{l \text{ pelat}} \times l_x = 116 \times 3,55 = 411,8 \text{ kg/m}$
 - Kombinasi beban
 - $q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$

$$= 1,2 \times (1883,45) + 1,6 (411,8) = 2919,02 \text{ kg/m}$$

Gaya-gaya dalam yang terjadi :

$$M(-) = \frac{1}{10} \times q \times L^2 = \frac{1}{10} \times 2919,02 \times 7,5^2 = 16419,48 \text{ kg.m}$$

$$M(+) = \frac{1}{14} \times q \times L^2 = \frac{1}{14} \times 2919,02 \times 7,5^2 = 11728,2 \text{ kg.m}$$

6.4.2. Penulangan Balok Anak

• Data Perencanaan pada balok anak atap :

- f'_c = 35
- f_y = 420 Mpa
- Tulangan Balok (D) = 25 mm
- As Tulangan Balok (mm) = 314,16 mm²
- Tulangan Sengkang (D) = 10 mm
- As Tulangan Sengkang = 78,571 mm²
- b = 300 mm
- h = 550 mm
- Decking = 50 mm (SNI 2847:2013, Pasal 7.7, dan ACI 318M:14, Tabel 20.6.1.3.1)
- $d = h - (\text{decking} + \phi_{\text{sengkang}} + 0,5 \phi_{\text{tulangan utama}})$
 $= 550 - (50 + 10 + 0,5 (25)) = 477,5 \text{ mm}$

a. Perhitungan tulangan negatif tumpuan

$$\begin{aligned} \bullet \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal (10.5.1))} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal (10.5.1))} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,0033 \end{aligned}$$

Dari kedua nilai ρ_{\min} diambil yang terbesar = 0,0035

- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$ (SNI 2847:2013 lamp.B 8.4.2)

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,033$$
- $\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025$ (SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3))

$$\rho_{max} = 0,025$$
 (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)

Dari kedua nilai ρ_{max} diambil yang terkecil = 0,025
- $m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,118$
- $Rn = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{164194800}{0,9 \times 300 \times 477,5^2} = 2,667 \text{ Mpa}$
- $\rho = \frac{1}{14,118} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,118 \times 2,667}{420}} \right) = 0,006664$

$$\rho_{perlu} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{perlu}!$$
- $As \text{ perlu} = \rho \times b \times dx$

$$= 0,006664 \times 300 \times 477,5$$

$$= 954,5947 \text{ mm}^2$$
- $n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{954,5947}{490,8739} = 1,944 \sim 4 \text{ buah}$
- $\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi D - 2 \times Deck - 2 \times \phi S}{n - 1}$

$$= \frac{300 - 4(25) - 2(50) - 2(10)}{4 - 1}$$

$$= 27 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

b. Perhitungan tulangan positif tumpuan

- $As \text{ min} = \frac{1}{2} \times As = \frac{954,5947}{2} = 477,2974 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{477,2974}{490,8739} = 0,97 \sim 3 \text{ buah}$ (minimal 2 buah tulangan yang diteruskan)

c. Perhitungan tulangan positif lapangan

- $Rn = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{117282000}{0,9 \times 300 \times 477,5^2} = 1,905 \text{ Mpa}$

- $\rho = \frac{1}{14,118} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,118 \times 1,905}{420}} \right) = 0,00469$
 $\rho_{perlu} \geq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{perlu}!$
- $As_{perlu} = \rho \times b \times dx$
 $= 0,00469 \times 300 \times 477,5$
 $= 672,0344 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{672,0344}{490,8739} = 1,369 \sim 3 \text{ buah}$
- $\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \emptyset D - 2 \times \text{Deck} - 2 \times \emptyset S}{n - 1}$
 $= \frac{300 - 3(25) - 2(50) - 2(10)}{3 - 1}$
 $= 53 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$

d. Perhitungan tulangan negatif lapangan

- $As_{min} = \frac{1}{2} \times As = \frac{672,0344}{2} = 336,0172 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{336,0172}{490,8739} = 0,68 \sim 2 \text{ buah}$

➤ Kontrol apakah termasuk balok tekan persegi atau “T” (Tengah Bentang)

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} \text{ bentang balok} = 1875 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq 8 \times \text{tebal pelat} + bw = 1420 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq \frac{1}{2} \text{ jarak bersih antara balok bersebelahan} = 3900 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 1420 \text{ mm (dipilih yang terkecil)}$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_{eff}} = \frac{1472,62 \times 420}{0,85 \times 35 \times 1420}$$

$$= 14,64 \text{ mm} < hf = 140 \text{ mm (balok persegi)}$$

$$\text{Maka, } \emptyset Mn = \emptyset \times As \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 1472,62 \times 420 \times \left(477,5 - \frac{14,64}{2} \right)$$

$$= 261726142,9 \text{ Nmm} = 261,726 \text{ kNm}$$

$$Mu \leq \emptyset Mn \text{ (desain memenuhi)}$$

e. Perhitungan tulangan geser

• **Cek kemampuan penampang :**

$$Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times bw \times d \right)$$

$$- Vu = 0,5 \times qu \times L = 0,5 \times 2919,02 \times 7,5 \\ = 10946,325 \text{ kg}$$

$$- Vs = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{35} \times 300 \times 477,5 \\ = 282492,8 \text{ N} = 28249,28 \text{ kg}$$

$$- Vc = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 300 \times 477,5 \\ = 141246,4 \text{ N} = 14124,64 \text{ kg}$$

$$- \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times bw \times d \right) = 0,75 (14124,64 + \\ 56498,56) = 52967,4 \text{ kg}$$

$$Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times bw \times d \right) \rightarrow (\text{OK})$$

• **Cek kriteria kebutuhan tulangan geser**

- **$Vu \leq 0,5 \phi Vc$ (tidak perlu penguatan geser)**

$$0,5 \phi Vc = 0,5 \times 0,75 \times 14124,64 = 5296,74 \text{ kg}$$

$$Vu = 10946,325 \text{ kg} \geq 0,5 \phi Vc = 5296,74 \text{ kg} \text{ (tidak memenuhi)}$$

- **$0,5 \phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc$ (dipakai tulangan geser minimum)**

$$0,5 \phi Vc = 5296,74 \text{ kg} \leq Vu = 10946,325 \text{ kg}$$

$$Vu = 10946,325 \text{ kg} \leq \phi Vc = 10593,48 \text{ kg} \\ \text{(tidak memenuhi)}$$

- **$\phi Vc \leq Vu \leq \phi (Vc + Vs_{\min})$ (diperlukan tulangan geser)**

$$\phi Vc = 10593,48 \text{ kg}$$

$$Vu = 10946,325 \text{ kg}$$

$$\phi (Vc + Vs_{\min}) = 31780,44 \text{ kg}$$

$$10593,48 \leq 10946,32 \leq 31780,44 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad \phi (V_c + V_{s_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times bw \times d \right) \\
 \phi (V_c + V_{s_{\min}}) &= 31780,44 \text{ kg} \\
 V_u &= 10946,325 \text{ kg} \\
 \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \times bw \times d \right) &= 52967,4 \text{ kg} \\
 31780,44 &\leq 10946,32 \leq 52967,4 \text{ (tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi termasuk kategori 3 → dipakai tulangan geser

Dengan syarat s diambil terkecil dari :

$$S_{\max} < d/2 = 477,5/2 = 238,75 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s \text{ sengkang}$$

$$= 2 \times 78,571 = 157,143 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} < \frac{A_v f_y d}{V_{s \min}} = \frac{157,143 \times 420 \times 477,5}{282492,8} = 111,56 \text{ mm}$$

Maka dipasang 2 D10-100 mm

Perhitungan penulangan untuk balok anak pada lantai didapat hasil pada tabel berikut.

Tabel 6.4 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Lokasi	Tumpuan		Lapangan		Tulangan Geser (mm)
	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
BA1	4D25	3D25	2D25	3D25	D10-100
BA2	3D25	3D25	2D25	3D25	D10-100
BA3	4D25	3D25	2D25	3D25	D10-100
BA4	2D25	2D25	2D25	2D25	D10-100

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

7.1. Umum

Perencanaan struktur utama ini meliputi perencanaan balok induk, kolom, serta hubungan balok kolom. Perhitungan berdasarkan ketentuan SNI 2847:2013, sedangkan untuk perencanaan balok kolom berdasarkan SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS 3101.1:2006, dan EN 1998-2 dan pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 terkait ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa. Perencanaan Gedung The Arundaya seluruh konstruksinya menggunakan beton bertulang biasa, sehingga diperlukan ketelitian antara aplikasi software bantu sipil dan perhitungan penulangan secara manual.

7.2. Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam preliminary desain gedung The Arundaya direncanakan beberapa balok induk seperti pada Tabel 7.1.

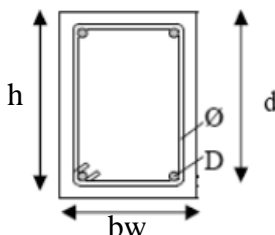
Tabel 7.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (cm)	
		b	h
BI 1	7.80	40.00	70.00
BI 2	7.00	40.00	70.00
BI 3	10.50	50.00	75.00
BI 4	5.50	40.00	70.00
BI 5	7.50	40.00	70.00
BI 6	3.50	40.00	70.00

Data Perencanaan Tulangan Lentur Balok Induk

Perencanaan balok induk yang akan ditinjau adalah BI6. Data perencanaan yang diperlukan meliputi mutu bahan, dimensi balok, serta diameter tulangan yang digunakan :

- Dimensi = 40/70
- Tebal decking = 50 mm
- Tulangan lentur (D) = 25 mm
- Tulangan sengkang (D) = 13 mm
- Mutu tulangan (f_y) = 420 MPa
- Mutu sengkang (f_y) = 420 MPa
- Mutu Beton (f'_c) = 35 MPa



-
- $d = h - (\text{decking} + D_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul.utama}})$
 $= 700 - (50 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 25)$
 $= 624,5 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \times \frac{f'_c - 28}{7}$
 $= 0,85 - 0,05 \times \frac{35 - 28}{7}$
 $= 0,8$
- $\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y}$ (SNI 2847:2013 pasal (10.5.1))
 $= \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,0035$
- $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$ (SNI 2847:2013 pasal (10.5.1))
 $= \frac{1,4}{420} = 0,0033$

Dari kedua nilai ρ_{\min} diambil yang terbesar = 0,0035

- $$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lamp.B 8.4.2)}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$$

$$= 0,033$$
- $$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1)}$$

Dari kedua nilai ρ_{\max} diambil yang terkecil = 0,025
- $$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,118$$

7.2.1. Penulangan Lentur Balok

Momen yang terjadi pada balok induk diambil dari permodelan ETABS, dapat dilihat sebagai berikut:

$M_{\text{tumpuan atas}}$	$= 63133,6488 \text{ kg.m}$
$M_{\text{tumpuan bawah}}$	$= 31566,8244 \text{ kg.m}$
$M_{\text{lapangan atas}}$	$= 31798,1394 \text{ kg.m}$
$M_{\text{lapangan bawah}}$	$= 45684,186 \text{ kg.m}$
V_u	$= 36164,81 \text{ kg}$
T_u	$= 2052,49 \text{ kg.m}$

a. Penulangan Tumpuan Negatif

- $$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{631336488}{0,9 \times 400 \times 624,5^2} = 4,496 \text{ Mpa}$$
- $$\rho = \frac{1}{14,117} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,117 \times 4,496}{420}} \right) = 0,01166$$

$\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{\text{perlu}}!$
- $$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d x \\ &= 0,01166 \times 400 \times 624,5 \\ &= 2914,493 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$
- $$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{2914,493}{490,87} = 5,937 \sim 8 \text{ buah (2 lapis)}$$
- $$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi D - 2 \times \text{Deck} - 2 \times \phi S}{n - 1}$$

$$= \frac{400 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4-1}$$

$$= 58 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{- As pakai} = n \cdot A \text{ (D25)}$$

$$= 8 \cdot 490,87 \text{ mm}^2 = 3926,99 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur negatif tumpuan 8 D25.

- Kontrol Regangan

$$\text{- T} = f_y \cdot A_s \text{ pakai}$$

$$= 420 \cdot 3926,99$$

$$= 1649336,143 \text{ N}$$

$$\text{- Ac} = \frac{T}{0,85 f'_c}$$

$$= \frac{1649336,143 \text{ N}}{0,85 \cdot 35}$$

$$= 55439,87036 \text{ mm}^2$$

$$\text{- a} = \frac{Ac}{b}$$

$$= \frac{55439,87036 \text{ mm}^2}{400 \text{ mm}}$$

$$= 138,6 \text{ mm}$$

$$\text{- c} = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{138,6 \text{ mm}}{0,8}$$

$$= 173,25 \text{ mm}$$

$$\text{- } \varepsilon_t = \left(\frac{d-c}{c} \right) 0,003$$

$$= \left(\frac{624,5 - 173,25}{173,25} \right) 0,003$$

$$= 0,007813 > 0,005 \text{ (OK)}$$

b. Tulangan Positif di Tumpuan

$$\bullet Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{315668244}{0,9 \times 400 \times 624,5^2} = 2,2483 \text{ Mpa}$$

$$\bullet \rho = \frac{1}{14,12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 2,2483}{420}} \right) = 0,0055724$$

$$\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{\text{perlu}}!$$

$$\bullet \text{As perlu} = \rho \times b \times dx$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0055724 \times 400 \times 624,5 \\
 &= 1391,98 \text{ mm}^2 \\
 \bullet \text{ } n &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}} = \frac{1391,98}{490,87} = 2,8357 \sim 4 \text{ buah} \\
 \bullet \text{ Jarak tulangan} &= \frac{b - n \times \phi D - 2 \times Deck - 2 \times \phi S}{n-1} \\
 &= \frac{400 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4-1} \\
 &= 58 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)} \\
 - \text{ As pakai} &= n \cdot A (D25) \\
 &= 4 \cdot 490,87 \text{ mm}^2 = 1963,495 \text{ mm}^2 \\
 \textbf{Digunakan tulangan lentur positif tumpuan 4 D25.}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Dactual pada Tumpuan

Tabel 7.2 Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik

Baris	Jumlah	D(mm)	As(mm2)	Spasi Baris	Jarak (y)	Luas x Jarak
1	4	25	1963.495408	-	75.5	148243.9033
2	4	25	1963.495408	30	130.5	256236.1508
Jumlah	8	Jumlah	3926.990817	Jumlah	206	404480.0541

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Letak titik berat tulangan dari bawah :} \\
 y &= \frac{\sum Luas \times Jarak}{\sum As} = \frac{404480.0541}{3926.990817} = 103 \text{ mm} \\
 \bullet \text{ Tinggi Efektif Aktual :} \\
 D_{act} &= h - y = 700 - 103 = 597 \text{ mm} \\
 - \text{ } Xb &= \left(\frac{600 \cdot d_{act}}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{600 \cdot 597}{600 + 420} \right) \\
 &= 351,176 \text{ mm} \\
 x < 0,75 \text{ } xb &= 263,38 \text{ mm} \\
 x \text{ rencana} &= 263 \text{ mm} \\
 - \text{ } f'_s &= \left(\frac{1-d'}{x} \right) 600 \\
 &= \left(\frac{1-75,5}{263} \right) 600
 \end{aligned}$$

$$= 427,756 \text{ MPa} > f_y = 420 \text{ MPa} \text{ (tulangan tekan leleh)}$$

Maka $f_s' = f_y$

$$\begin{aligned} - a &= \frac{A_s f_y - A'_s f'_s}{0,85 \cdot b \cdot f'_c} \\ &= \frac{3926,991 \times 420 - 1963,495 \times 420}{0,85 \times 400 \times 35} \\ &= 69,3 \text{ mm} \\ - M_{nact} &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= (3926,991 \cdot 420 - 1963,495 \cdot 420) \\ &\quad \left(597 - \frac{69,3}{2} \right) + 1963,495 \cdot 420 (597 - 75,5) \\ &= 893816556,2 > \frac{M_n}{\phi} = 701484986,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(OK!)

Tabel 7.3 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol Kekuatan Balok

Tipe Balok	Tul.	n	D	As	a	M _{nact}	M _n	Ket.
		(buah)	(mm)	(mm ²)	(mm)	(kN.m)	(kN.m)	
BI1	Negatif	5	25	2454.37	17.32	579.708	448.099	OK
	Positif	4	25	1963.50				OK
BI2	Negatif	5	25	2454.37	17.32	579.708	464.668	OK
	Positif	4	25	1963.50				OK
BI3	Negatif	12	25	5890.49	69.30	1456.003	1193.149	OK
	Positif	7	25	3436.12				OK
BI4	Negatif	4	25	1963.50	17.32	466.522	330.525	OK
	Positif	3	25	1472.62				OK
BI5	Negatif	6	25	2945.24	34.65	703.102	518.297	OK
	Positif	4	25	1963.50				OK
BI6	Negatif	8	25	3926.99	69.30	893.817	701.485	OK
	Positif	4	25	1963.50				OK

- Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Negatif

- $M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{631336488}{0,9} = 701484986,7 \text{ N.mm}$
- Jarak ke as tulangan tarik (d_1) = 103 mm

BI5	99.80	146.11	712.92	518.30	234.19	OK
						OK
BI6	124.53	236.23	890.58	701.48	223.88	OK
						OK

- Kontrol Kekuatan dalam Menahan Momen Positif

- $M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{315668244}{0,9} = 350742493,3 \text{ N.mm}$
- Jarak ke as tulangan tarik (d_1) = 75,5 mm
- Jarak ke as tulangan tekan (d_2) = 103 mm
- Tinggi efektif, d actual = 597 mm
- Tul. Tarik, A_{s1} = 1963,49 mm²
- Tul. Tekan, A_{s2} = 3926,99 mm²
- $(0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1)X^2 + (A_{s2} \cdot 600 - A_{s1} \cdot f_y)X - (A_{s2} \cdot d \cdot 600) = 0$
- $9520 X^2 + (1531526,419) X - (242688032) = 0$
- $X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

$$= \frac{-1531526,419 \pm \sqrt{1531526,419^2 - 4 \cdot 9520 \cdot (-242688032)}}{2 \cdot 9520}$$

$$= 98,343 \text{ mm}$$
- $f_s' = \left(1 - \frac{d_2}{x}\right) \times 600 = \left(1 - \frac{103}{98,343}\right) \times 600 = 28,41 \text{ Mpa}$
 $f_s' \leq f_y$ (tulangan tidak leleh)
- $M_n \text{ act} = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot X \cdot \beta_1 \left(D_{\text{act}} - \frac{\beta_1 \cdot X}{2}\right) + (A_{s2} \cdot f_s' (D_{\text{act}} - d_2))$

$$= 577212790,2 \text{ N.mm} > M_n \text{ (OK)}$$
- Cek Kondisi Penampang
 $C = 98,343 \text{ mm}$
 $0,375 \times D_{\text{act}} = 0,375 \times 597 = 223,875 \text{ mm}$
 $C < 0,375 \times D_{\text{act}}$ (Asumsi benar, Penampang *Under Reinforced*)

- Kontrol Batas Penulangan

- $A_s = 3926,991 \text{ mm}^2$
- $A_s' = 1963,495 \text{ mm}^2$

➤ Syarat 1 :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan} &\geq \frac{1,4 \times bw \times d}{f_y} \\ &\geq \frac{1,4 \times 400 \times 597}{420} = 796 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

➤ Syarat 2 :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan} &\geq \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c} \times bw \times d}{f_y} \\ &\geq \frac{0,25 \times \sqrt{35} \times 400 \times 597}{420} = 840,928 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

➤ Syarat 3 :

$$\rho = \frac{A_{s \text{ tul.max}}}{bd} < 0,25 = 0,01644 < 0,025 \text{ (OK)}$$

Tabel 7.5 Rekapitulasi Kontrol Batas Penulangan

Tipe Balok	Tul.	As (mm ²)	$\frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{f_y}$	$\frac{0,25 \sqrt{f'_c} \cdot bw \cdot d}{f_y}$	ρ	Ket
BI1	Atas	2454.37	832.67	879.66	0.00983	OK
	Bawah	1963.5	832.67	879.66	0.00983	OK
BI2	Atas	2454.37	832.67	879.66	0.00983	OK
	Bawah	1963.5	832.67	879.66	0.00983	OK
BI3	Atas	5890.49	1078.33	1139.20	0.01821	OK
	Bawah	3436.12	1078.33	1139.20	0.01821	OK
BI4	Atas	1963.5	832.67	879.66	0.00786	OK
	Bawah	1472.62	832.67	879.66	0.00786	OK
BI5	Atas	2945.24	832.67	879.66	0.01179	OK
	Bawah	1963.5	832.67	879.66	0.01179	OK
BI6	Atas	3926.99	796.00	840.93	0.01644	OK
	Bawah	1963.5	796.00	840.93	0.01644	OK

- Kontrol Jarak Tulangan

Untuk membatasi retak akibat lentur pada balok, jarak tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi : $380 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right) - 2,5 C_c$, dan $300 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right)$,

nilai f_s boleh diambil sebesar $\frac{2}{3}f_y$ (SNI 2847:2013, Pasal 10.6.4)

- $Cc = \text{tebal selimut} + \phi \text{ sengkang} = 50 + 13 = 63 \text{ mm}$
- $f_s = \frac{2}{3}f_y = \frac{2}{3}420 = 280 \text{ Mpa}$
- $s = 380 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right) - 2,5 Cc = 222,5 \text{ mm} > 75,5 \text{ mm (OK)}$
- $s = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s}\right) = 300 \text{ mm} > 75,5 \text{ mm (OK)}$

c. Tulangan Positif di Lapangan

- $Rn = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{157834122}{0,9 \times 400 \times 624,5^2} = 1,124 \text{ Mpa}$
- $\rho = \frac{1}{14,12} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14,12 \times 1,124}{420}}\right) = 0,002729$
 $\rho_{perlu} \leq \rho_{min} \rightarrow \text{Pakai } \rho_{min}!$
- $\text{As perlu} = \rho \times b \times dx$
 $= 0,003521 \times 400 \times 624,5$
 $= 879,664 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{879,664}{490,87} = 1,79 \sim 4 \text{ buah}$
- $\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi D - 2 \times \text{Deck} - 2 \times \phi S}{\frac{n-1}{4-1}}$
 $= \frac{400 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4-1}$
 $= 58 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$
- As pakai $= n \cdot A (D25)$
 $= 4 \cdot 490,87 \text{ mm}^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan lentur positif lapangan 4 D25.

- Kontrol Regangan

- $T = f_y \cdot \text{As pakai}$
 $= 420 \cdot 1963,495$
 $= 824668,0716 \text{ N}$
- $Ac = \frac{T}{0,85 f'c}$
 $= \frac{824668,0716 \text{ N}}{0,85 \cdot 35}$

$$\begin{aligned}
 &= 27719,9352 \text{ mm}^2 \\
 - a &= \frac{Ac}{b} \\
 &= \frac{27719,9352 \text{ mm}^2}{400 \text{ mm}} \\
 &= 69,3 \text{ mm} \\
 - c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{69,3 \text{ mm}}{0,8} \\
 &= 86,6248 \text{ mm} \\
 - \varepsilon_t &= \left(\frac{d-c}{c} \right) 0,003 \\
 &= \left(\frac{624,5-86,6248}{86,6248} \right) 0,003 \\
 &= 0,01862 > 0,005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Tulangan Negatif di Lapangan

- As perlu = $0,5 \times \text{As perlu Tul. Atas}$
 $= 0,5 \times 879,664$
 $= 439,83 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}} = \frac{439,83}{490,87} = 0,89 \sim 2 \text{ buah}$
- Jarak tulangan = $\frac{b - n \times \phi D - 2 \times \text{Deck} - 2 \times \phi S}{\frac{n-1}{2-1}}$
 $= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2-1}$
 $= 224 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$
- As pakai = $n \cdot A (D25)$
 $= 4 \cdot 490,87 \text{ mm}^2 = 1963,495 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan lentur negatif lapangan 4 D25.

- Kontrol Balok T
 - $be < \frac{L}{4}$
 $< \frac{3500}{4}$
 $< 875 \text{ mm (menentukan)}$
 - $be < bw + 8hf$
 $< 4000 + 8.140$

$$< 1520 \text{ mm}$$

$$b_e < 1350 \text{ mm}$$

$$\text{Maka nilai } b_e = 875 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} - a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b_e} \\ &= \frac{1963,495 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 875} \\ &= 31,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - x &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{31,68}{0,8} \\ &= 39,6 \text{ mm} < h_f = 140 \text{ mm} \text{ (Balok T palsu)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - a_{\text{baru}} &= \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b_w} \quad (\text{analisa dengan balok persegi}) \\ &= \frac{1963,495 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} \\ &= 69,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - M_n \text{ act} &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1963,495 \cdot 420 \left(624,5 - \frac{69,3}{2} \right) \\ &= 486430528,8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \phi M_n &= 0,9 M_n \\ &= 437787476 \text{ N.mm} \\ &= 437787476 > M_u = 157834122 \text{ N.mm} \\ &\quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{69,3}{0,8} \\ &= 86,624 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Check Strain

$$\begin{aligned} - \varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0,003 > 0,005 \\ &= \frac{624,5-86,624}{86,624} 0,003 > 0,005 \\ &= 0,01863 > 0,005 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Tabel 7.6 Rekapitulasi Kontrol Balok T

Tipe Balok	be (mm)	a (mm)	x (mm)	Ket	a' (mm)	Mn.act (kN.m)
BI1	1520	18.24	22.80	OK	69.3	486.431
BI2	1520	18.24	22.80	OK	69.3	486.431
BI3	1620	29.94	37.43	OK	97.0	903.410
BI4	1375	15.12	18.90	OK	52.0	370.181
BI5	1520	13.68	17.10	OK	52.0	370.181
BI6	875	31.68	39.60	OK	69.3	486.431

7.2.2. Penulangan Geser Balok

7.2.2.1. Penulangan Tumpuan

Perhitungan tulangan geser yang dipengaruhi beban gempa dihitung dari kapasitas balok memikul momen probable. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4 bahwa gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum M_{pr} , dan komponen struktur tersebut dibebani penuh beban gravitasi terfaktor.

• Momen Ujung M_{pr}

M_{pr} merupakan kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum $1,25 f_y$, karena nilai gempa arah kekanan dan kekiri sama maka ditinjau 1 arah saja.

$$- a_1 = \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 f'_c \cdot b \cdot w}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3927 \cdot 1,25 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} \\
 &= 173,25 \text{ mm} \\
 - \text{ Mpr1} &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 3927 \cdot 1,25 \cdot 420 \left(597 - \frac{173,25}{2} \right) \\
 &= 1052,225 \text{ kN.m} \\
 - \text{ a2} &= \frac{A_s' \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 f' c \cdot b \cdot w} \\
 &= \frac{1963,49 \cdot 1,25 \cdot 420}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} \\
 &= 85,625 \text{ mm} \\
 - \text{ Mpr2} &= A_s' \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1963,49 \cdot 1,25 \cdot 420 \left(597 - \frac{85,625}{2} \right) \\
 &= 570,76 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

• Gaya geser total pada muka tumpuan

- Gaya geser akibat beban gravitasi

$$\begin{aligned}
 V_g &= V_u (1,2D + 1L) \\
 &= 7351,55 \text{ kg} \cong 73,5155 \text{ kN} \\
 l_n &= L_c - h_c = 3,5 - 1 = 2,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Akibat gempa ke kiri dan ke kanan (besarnya sama)

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway}} &= \frac{M_{\text{prb1}} + M_{\text{prb2}}}{l_n} \\
 &= \frac{1052,225 + 570,76}{2,5} \\
 &= 649,19 \text{ kN} \\
 V_{u1} &= V_g - V_{\text{sway}} \\
 &= 73,5155 - 649,19 \\
 &= -575,6788 \text{ kN} \\
 V_{u2} &= V_g + V_{\text{sway}} \\
 &= 73,5155 + 649,19 \\
 &= 722,709 \text{ kN (menentukan)}
 \end{aligned}$$

• Perhitungan penulangan geser

Kuat geser beton ($V_c = 0$) seperti yang dijelaskan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 apabila :

- Gaya geser akibat gempa (V_{sway}) $> 0,5$ Gaya geser total (V_u)

$$649,19 \text{ kN} > 0,5 \times 722,7098 \text{ kN}$$

$$649,19 \text{ kN} > 361,3549 \text{ (OK)}$$

- Gaya aksial tekan $< A_g \times \frac{f'_c}{20}$
 $< 1000000 \times \frac{35}{20} = 490 \text{ kN (OK)}$

Karena dua persyaratan di atas memenuhi maka $V_c = 0$

- $V_u = 722709,8773 \text{ N}$
- $V_c = 0 \text{ N} \quad \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \right)$
- $V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$
 $= 963613,1697 \text{ N}$
- $A_v = 4 \cdot A_s \text{ (D13)}$
 $= 530,929 \text{ mm}^2$
- $s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$
 $= \frac{530,929 \cdot 420 \cdot 597}{963613,1697}$
 $= 138,152 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$
- $s \text{ min} < d/4 = 149,25 \text{ mm}$
 $< 6d_b = 150 \text{ mm}$
 $< 150 \text{ mm}$

Maka digunakan sengkang 4D13-100 mm

7.2.2.2. Penulangan Lapangan

- Tulangan geser di luar sendi plastis ($> 2h = 1400 \text{ mm}$)
- Untuk daerah luar sendi plastis, kuat beton diperhitungkan :

$$- V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \right) = 240169,1749 \text{ N}$$

Syarat :

1. Tidak butuh tulangan geser

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c$$

2. Butuh tulangan geser minimum

$$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

3. Butuh tulangan geser

$$\phi V_c \leq V_u \leq (\phi V_c + V_c)$$

Dari data di atas didapat :

$$180126,88 \text{ N} \leq 336355,7 \text{ N} \leq 420296,056 \text{ N}$$

Karena memenuhi kondisi 3, maka dibutuhkan tulangan geser, sehingga :

- $V_{u,\text{maks}} = 722709 \text{ N}$
- $V_{u,\text{min}} = -575678,8 \text{ N}$
- $V_{u,2h} (\text{interpolasi}) = 640372,5173 \text{ N}$
- $V_{S_{\text{min}}} = \frac{V_{u,2h}}{\phi} - V_c = \frac{640372,5173}{0,75} - 240169,1749 = 613661 \text{ N}$
- $A_v = 2 \cdot A_s (\text{D13}) = 265,464 \text{ mm}^2$
- $S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,464 \cdot 420 \cdot 597}{613660,8} = 108,468 \text{ mm}$

Spasi minimum $< d/2 = 298,5 \text{ mm}$

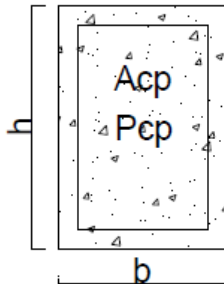
Maka digunakan sengkang 2D13-100 mm

7.2.3. Penulangan Torsi Balok

Tu ETABS = 20,524 kN.m

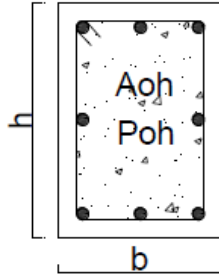
Dimensi balok BI 6 = 40/70 cm

Perhitungan luas dan keliling penampang,



Gambar 7.1 Luasan (A_{cp}) dan Keliling (P_{cp})

- A_{cp} = Luas bruto penampang beton
 $= b \times h = 400 \times 700 = 280000 \text{ mm}^2$
- P_{cp} = Keliling penampang beton
 $= 2 \times (b + h) = 2 \times (400 + 700) = 2200 \text{ mm}$



Gambar 7.2 Luasan (A_{oh}) dan Keliling (P_{oh})

- b_h = $(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$
 $= 400 - 2 \cdot 50 - 13 = 287 \text{ mm}$
- h_h = $(h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \phi_{geser})$
 $= 700 - 2 \cdot 50 - 13 = 587 \text{ mm}$
- A_{oh} = Luasan penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 $= b_h \times h_h = 287 \times 587 = 168469 \text{ mm}^2$
- P_{oh} = Keliling penampang yang dibatasi tulangan sengkang
 $= 2 \times (b_h + h_h)$
 $= 2 \times (287 + 587) = 1748 \text{ mm}$

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut:

$$T_u \leq \phi \cdot 0,0825 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

- A_{cp} = Luas penampang total
- P_{cp} = Keliling penampang total
- λ = 1 (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1
- ϕ = 0,75 (faktor reduksi beban torsi) pasal 9

Sehingga,

$$T_u \leq \phi \cdot 0,0825 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$20,524 \text{ kN.m} \leq 0,75 \cdot 0,0825 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{280000^2}{2200} \right)$$

$$20,524 \text{ kN.m} \leq 13,0449 \text{ kN.m (butuh tulangan torsi)}$$

Cek Penampang balok berdasarkan SNI 2847:2013 ps 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_o h^2} \right)^2} < \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c} \right)$$

$$3,116 \text{ Mpa} < 3,6827 \text{ Mpa}$$

(Ukuran penampang balok cukup)

- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$ dan nilai $\Theta = 45^\circ$

- Sudut = 45°
- $A_o = 0,85 \cdot 168469 = 143198,65 \text{ mm}^2$
- $A_v/s = V_s / (f_y \cdot d) = 963613,1697 / (420 \cdot 597)$
 $= 3,843 \text{ mm}^2/\text{mm}$
- $A_t/s = T_n \cdot \cot 45 / (2 \cdot A_o \cdot f_y)$
 $= \frac{(20,524 \cdot 10^6 / 0,75)}{(2 \cdot 0,85 \cdot 143198,65 \cdot 420)}$
 $= 0,2676 \text{ mm}^2/\text{mm}$
- $A_v/s + 2 A_t/s = 4,378 \text{ mm}^2/\text{mm}$
- Spasi tul. = $A_v / A_{v+t} = 121,36 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$

Maka digunakan 4D13-100 mm.

- Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

A.longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% kekanan, 25% ke atas dan 25% kebawah bagian balok.

- $A_l \text{ max} = A_t/s \cdot P_h \text{ (SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1)}$
 $= 467,8689 \text{ mm}^2$

- $A_l \min = \left(\frac{0,42 A_{cp} \sqrt{f'c}}{f_y} \right) - \left(\frac{Ph \cdot A(D25)}{300} \right)$ (pasal 11.5.5.3)
 $= -1203,65 \text{ mm}^2$
- Al di tengah $= \frac{1}{2} A_l \max$
 $= \frac{1}{2} 467,8689$
 $= 233,934 \text{ mm}^2$
- Al di atas $= 0,25 \cdot 467,8689 = 116,96 \text{ mm}^2$
- Al di bawah $= 0,25 \cdot 467,8689 = 116,96 \text{ mm}^2$
- $A(D25) = 490,87 \text{ mm}^2$
- $n = \frac{A_l \text{ di tengah}}{A(D25)}$
 $= 0,476 \sim 2$ (minimum 2 tulangan)

Maka digunakan tulangan torsi 2 D25 di tengah (di sisi kiri 1 buah dan sisi kanan 1 buah), serta 1 buah D25 di tulangan atas dan 1 buah D25 di tulangan bawah.

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan total (termasuk torsi).

Tabel 7.7 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Tipe Balok	BI 1		BI 2		BI 3	
Tulangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400mm x 700 mm		400mm x 700 mm		500mm x 750 mm	
L	7.8 m		7 m		10.5 m	
Deck	50 mm		50 mm		50 mm	
Atas	5D25	3D25	5D25	3D25	12D25	5D25
Tengah	2D25	2D25	2D25	2D25	4D25	4D25
Bawah	4D25	4D25	4D25	4D25	7D25	7D25
Sengkang	3D13-100 mm	3D13-150 mm	2D13-100 mm	2D13-110 mm	4D13-100 mm	4D13-120 mm

BI 4		BI 5		BI 6	
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
400mm x 700 mm		400mm x 700 mm		400mm x 700 mm	
5.5 m		7.5 m		3.5 m	
50 mm		50 mm		50 mm	
4D25	2D25	6D25	3D25	8D25	4D25
2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
3D25	3D25	4D25	4D25	4D25	4D25
3D13- 100 mm	2D13- 120 mm	3D13- 100 mm	2D13- 120 mm	4D13- 100 mm	3D13- 120 mm

7.2.4. Panjang Penyaluran Tulangan

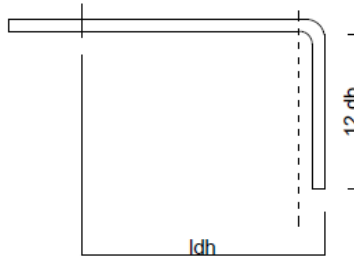
Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.7.5.1, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sbb:

$$L_{dh} > 8.db = 8.25 = 200 \text{ mm}$$

$$L_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_{dh} &= 1/5,4.f_y.db \sqrt{f'_c} \\ &= 1/5,4.400.25\sqrt{35} \\ &= 328,671 \text{ mm} \end{aligned}$$

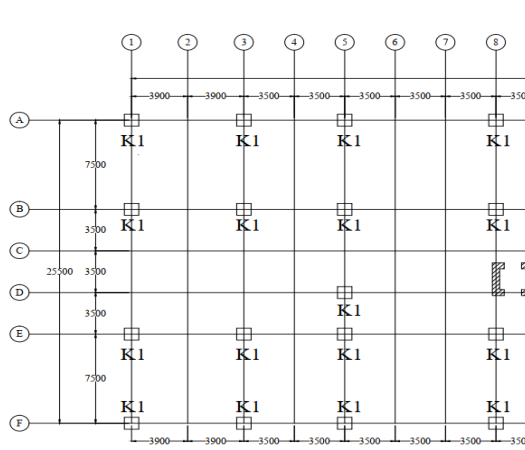
Maka digunakan $l_{dh} = 330 \text{ mm}$ masuk ke dalam kolom, dengan panjang kait $12.db = 12.25 = 300 \text{ mm}$



Gambar 7.3 Detail Ikatan untuk Penyaluran Kait Standard

7.3. Perencanaan Kolom

Kolom adalah struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik pelat, balok anak serta balok induk. Kolom berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 2 tipe kolom dengan data sebagai berikut :



Gambar 7.4 Denah Kolom Basement – Lt. 4

- Dimensi Kolom Lt Basement – Lt 4 = 100 x 100 cm
- Dimensi Kolom Lt 5 – Lt 12 = 80 x 80 cm

7.3.1. Data Perencanaan Kolom

Contoh perhitungan desain kolom yang akan digunakan yaitu kolom lt basement – lt 4. Berikut merupakan data-data yang perencanaan kolom:

- Dimensi Kolom : 100 x 100 cm
- Tinggi Lantai : 3,5 m
- Tebal decking (d') : 50 mm
- f'_c : 45 MPa
- f_y : 420 MPa
- D longitudinal : 25 mm
- D transversal : 16 mm

Tabel 7.8 Momen dan Gaya Aksial Kolom Lantai 3

Kombinasi Beban	Lokasi	P	M2	M3
		kN	kN.m	kN.m
1.4D	Bawah	-6670.11	-128.651	53.4291
	Atas	-6577.71	158.0891	-48.3923
1.2D + 1.6L	Bawah	-7146.56	-144.099	58.6237
	Atas	-7067.36	167.9438	-49.2801
1.2D + L + Rsp x	Bawah	-6693.21	-225.208	-88.8075
	Atas	-6614.01	108.8981	-139.81
1.2D + L + Rsp y	Bawah	-6543.79	20.5562	152.9868
	Atas	-6464.59	243.4883	13.6758
0.9D + Rsp x	Bawah	-4205.28	11.0896	176.9682
	Atas	-4145.88	148.5098	62.3459
0.9D + Rsp y	Bawah	-4354.7	-234.674	-64.8261
	Atas	-4295.3	13.9196	-91.1398
0.9D - Rsp x	Bawah	-4370.58	-176.498	-108.274
	Atas	-4311.18	54.7476	-124.565
0.9D - Rsp y	Bawah	-4354.7	-234.674	-64.8261
	Atas	-4295.3	13.9196	-91.1398
1.2D + L - Rsp x	Bawah	-6527.92	-37.6199	196.4344
	Atas	-6448.72	202.6603	47.1005
1.2D + L - Rsp y	Bawah	-6677.33	-283.384	-45.3599
	Atas	-6598.13	68.0701	-106.385

Pada Tabel 7.8 merupakan gaya aksial dan momen yang terjadi pada setiap kombinasi beban yang diinput pada program bantu ETABS.

7.3.2. Kontrol Dimensi Kolom

Sebelum diperiksa syarat dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila:

- Kolom sebagai penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial.
- Menerima beban aksial terfaktor (P_u) lebih besar dari $\frac{A_g \times f'_c}{10} = \frac{1000 \times 1000 \times 45}{10} = 4500000 \text{ N} = 4500 \text{ kN}$
 $P_u = 7146,557 \text{ kN} > 4500 \text{ kN (OK)}$
 Maka pasal diatas berlaku :
- Ukuran penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)

Sisi terpendek kolom = 1000 mm > 300 mm (OK)

- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.2)

$$\frac{b}{h} = \frac{1000}{1000} = 1 > 0,4 \text{ (OK)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan persyaratan,

Tabel 7.9 Rekapitulasi Kontrol Dimensi Kolom

Kolom			Pu	Ag.f'c/10	h.min	b/h	Ket
Letak	Dimensi (mm)		(kN)	(kN)	(mm)		
BS - Lt.4	1000	1000	7146.5	4500	300	1	OK
Lt.5 - Lt.12	800	800	3576.12	2560	300	1	OK

7.3.3. Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1 luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari 0,01Ag atau lebih dari 0,06Ag. Dengan menggunakan program bantu spColumn gaya-gaya yang bekerja pada kolom diinput masuk dalam program, sehingga didapatkan rasio tulangan 1,18% atau 24 D25. Berikut merupakan rekapitulasi tulangan lentur (Tabel 7.10):

Tabel 7.10 Rekapitulasi Penulangan Lentur

Kolom			0,01.Ag	0,06.Ag	Ag.tul	Ket.
Letak	Dimensi (mm)		(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	
BS - Lantai 4	1000	1000	10000	60000	11780.97	OK
Lantai 5 - 12	800	800	6400	38400	7853,981	OK

- Kontrol spasi tulangan

Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847:2013 pasal 7.6.1)

$$s = \frac{b - n \times \phi D - 2 \times Deck - 2 \times \phi S}{\frac{n-1}{7-1}}$$

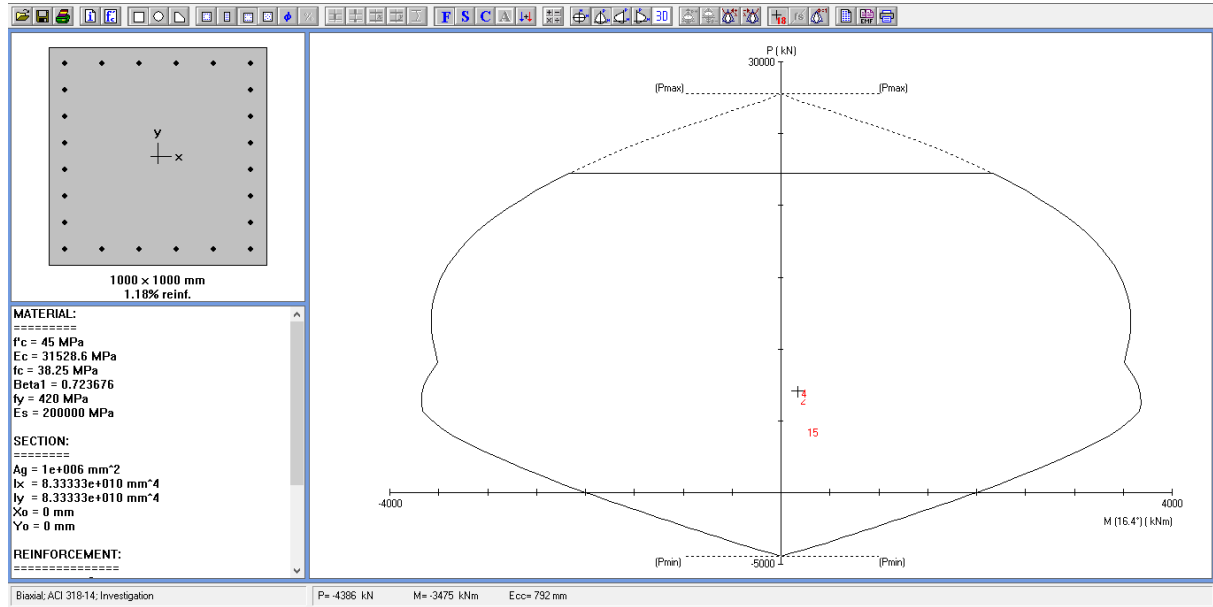
$$= \frac{1000 - 7(25) - 2(50) - 2(16)}{7-1} = 115,5 \text{ mm}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan spasi tulangan (Tabel 7.11) :

Tabel 7.11 Rekapitulasi Perhitungan Spasi Tulangan

Letak	Dimensi	n	S	Syarat	Ket.
	(mm)	(buah)	(mm)	(mm)	
BS - Lantai 4	1000	7	115,5	25	OK
Lantai 5 - 12	800	5	137,25	25	OK

Spasi tulangan minimum yaitu $> 25 \text{ mm}$, agar agregat dapat masuk ke celah-celah saat pengecoran berlangsung, spasi tulangan dihitung setelah didesain pada spColumn, hasil dari spColumn seperti pada Gambar 7.5.



Gambar 7.5 Diagram Interaksi P-M spColumn Lantai Atas dan Bawah K-100 cm

7.3.4. Persyaratan Strong Column – Weak Beam

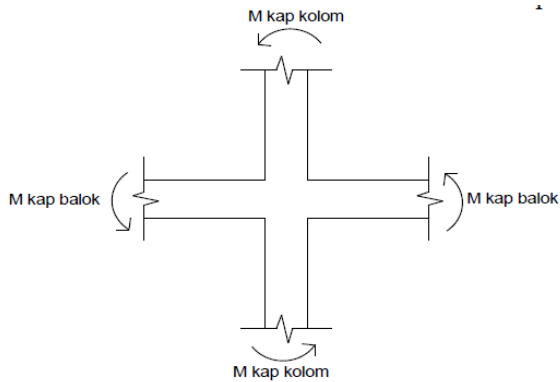
Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

Dimana :

$\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_g$ merupakan momen pada muka joint, yang berhubungan dengan kuat lentur nominal balok (termasuk pelat yang berada pada kondisi tarik) (Gambar 7.6).

Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong kolom weak beam.



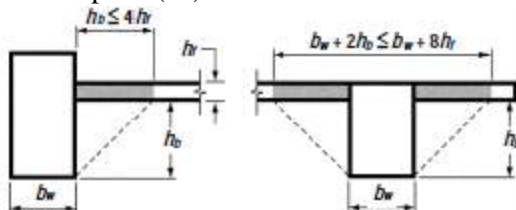
Gambar 7.6 Ilustrasi Momen yang Bertemu di HBK

- Menghitung nilai $\sum M_g$

Pada kolom yang ditinjau merupakan joint pertemuan antara BI3(50/75) dan BI5 (40/70) sehingga $\sum M_g$ yang dimaksud adalah total jumlah momen nominal pada balok BI3 (50/75) dan BI5 (40/70) serta pelat yang berada dalam kondisi tarik.

a. M_g pada balok BI3

- Lebar efektif pelat (b_e)



Gambar 7.7 Lebar Efektif Pelat yang Digabung dengan Balok

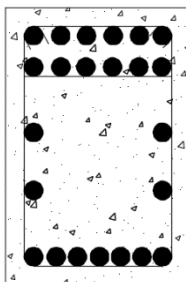
Lebar efektif flens pelat yang disertakan dengan balok diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 13.2.4 (Gambar 7.11) yaitu:

$$b_e = b_w + 2 h_w = 500 + (2 \times (750 - 140)) = 1720 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + 8 h_f = 500 + (8 \times 140) = 1620 \text{ mm}$$

Maka b_e pakai 1620 mm

- Tinggi efektif aktual (d_{aktual})



Gambar 7.8 Penampang Tumpuan Balok BI3 (50/75)

Tabel 7.12 Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik

Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik						
Baris	Jumlah	D(mm)	As(mm ²)	Spasi Baris	Jarak (y)	As.y
1	6	25	2945.243	-	75.5	222365.9
2	6	25	2945.243	30	130.5	384354.2
Jumlah	12		5890.486		206	606720.1

- Letak titik berat tulangan (dari sisi luar beton)

$$y = \frac{606720,1}{5890,486} = 103 \text{ mm}$$

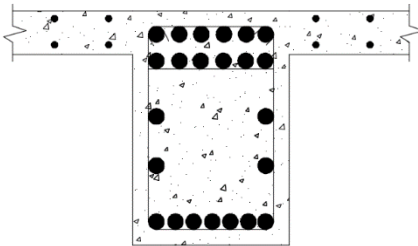
- Tinggi efektif aktual :

$$D_{\text{aktual}} = h - y = 750 - 103 = 647 \text{ mm}$$

- Luas tulangan (As)

$$\begin{aligned} \text{As.tarik} &= \text{As}_{\text{tarik balok}} + \text{As}_{\text{tarik pelat}} \\ &= 5890,486 + 2544,69 \\ &= 8435,176275 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As.tekan} &= \text{As}_{\text{tekan balok}} \\ &= 3436,1169 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 7.9 Penampang Tumpuan BI3 (50/75) dan Pelat yang Disertakan untuk Perhitungan Luasan Tulangan Tarik

- Besar nilai M_g

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$M_g = \phi \times As \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a^+ = 75,459 \text{ mm}$$

$$M_g^+ = 827,070 \text{ kN.m}$$

$$a^- = 185,243 \text{ mm}$$

$$M_g^- = 1767,633 \text{ kN.m}$$

$$M_g \text{ total} = 2594,70408 \text{ kN.m}$$

b. M_g pada balok BI5

- Lebar efektif pelat (be)

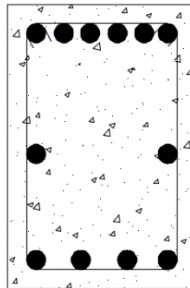
Lebar efektif flens pelat yang disertakan dengan balok diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 13.2.4 yaitu:

$$be = bw + 2 hw = 400 + (2 \times (700 - 140)) = 1520 \text{ mm}$$

$$be = bw + 8 hf = 400 + (8 \times 140) = 1520 \text{ mm}$$

Maka be pakai 1520 mm

- Tinggi efektif aktual (d_{aktual})



Gambar 7.10 Penampang Tumpuan Balok BI5 (40/70)

- Letak titik berat tulangan (dari sisi luar beton)

$$d' = Cc + D_{\text{senggang}} + \frac{D_{\text{lentur}}}{2} = 75,5 \text{ mm}$$

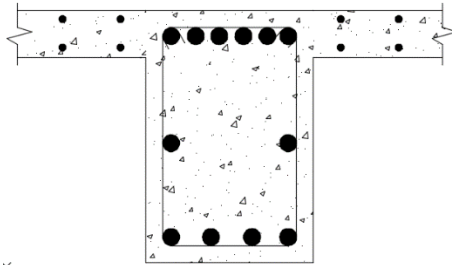
- Tinggi efektif aktual :

$$D_{\text{aktual}} = h - d' = 700 - 75,5 = 624,5 \text{ mm}$$

- Luas tulangan (A_s)

$$\begin{aligned} A_{s.\text{tarik}} &= A_{s.\text{tarik balok}} + A_{s.\text{tarik pelat}} \\ &= 2945,243 + 2387,61 \\ &= 5332,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s.tekan} &= A_{s.tekan\ balok} \\ &= 1963,495\text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Gambar 7.11 Penampang Tumpuan B15 (40/70) dan Pelat yang Disertakan untuk Perhitungan Luasan Tulangan Tarik

• Besar nilai M_g

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$M_g = \phi \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a^+ = 53,899\text{ mm}$$

$$M_g^+ = 443,502\text{ kN.m}$$

$$a^- = 146,39\text{ mm}$$

$$M_g^- = 1111,328\text{ kN.m}$$

$$M_g\text{ total} = 1554,83\text{ kN.m}$$

Dari kedua nilai M_g diatas, maka M_g yang digunakan yaitu sebesar 2594,70408 kN.m

- Menghitung Nilai $\sum M_c$

Nilai M_{nc} didapat dari diagram interaksi P-M dengan spColumn. Untuk kolom atas dan bawah output dari diagram interaksi ditampilkan pada Gambar 7.12. M_{nc} merupakan jumlah kuat nominal dari kolom di muka sisi atas dan bawah HBK (Hubungan Balok Kolom) dari hasil perhitungan terpasang akibat kombinasi beban berfaktor. Kuat momen ini harus dicek pada beban aksial maksimum yang memberikan kuat momen terendah.

No	Pu	Mux	Muy	ϕM_{nx}	ϕM_{ny}	$\phi M_n/\mu$
↓	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	
1	6670.11	128.65	53.43	3232.45	1342.45	25.126
2	6577.71	158.09	48.39	3482.76	1066.10	22.030
3	7146.56	144.10	58.62	3242.64	1319.20	22.503
4	7067.36	167.94	49.28	3499.91	1026.99	20.840
5	6693.21	225.21	88.81	3278.23	1292.72	14.556
6	6614.01	108.90	139.81	2024.27	2598.88	18.589
7	6543.79	20.56	152.99	542.90	4040.44	26.410
8	6464.59	243.49	13.68	4032.09	226.47	16.560
9	4205.28	11.09	176.97	222.07	3543.73	20.025
10	4145.88	148.51	62.35	3114.92	1307.67	20.975
11	4354.70	234.67	64.83	3323.37	918.04	14.162
12	4295.30	13.92	91.14	537.83	3521.51	38.639
13	4370.58	176.50	108.27	2778.55	1704.52	15.743
14	4311.18	54.75	124.56	1388.34	3158.83	25.359
15	4354.70	234.67	64.83	3323.37	918.04	14.162
16	4295.30	13.92	91.14	537.83	3521.51	38.639
17	6527.92	37.62	196.43	745.10	3890.60	19.806
18	6448.72	202.66	47.10	3670.30	853.02	18.111
19	6677.33	283.38	45.36	3857.84	617.51	13.614
20	6598.13	68.07	106.39	1809.53	2828.07	26.583

Gambar 7.12 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah

- Kontrol syarat *strong column - weak beam*

Maka diketahui nilai $M_{nc_{atas}}$ dan $M_{nc_{bawah}}$ adalah 222,07 kN.m dan 3114,92 kN.m

$$\sum M_{nc} = 222,07 + 3114,92 = 3336,99 \text{ kN.m}$$

$$1.2 \cdot \sum M_{nb} = 1,2 \times 2594,704 = 3113,644 \text{ kN.m}$$

Sehingga,

$$\sum M_{nc} \geq \sum M_{nb} \text{ (OK)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan kontrol syarat *strong column – weak beam*.

Tabel 7.13 Rekapitulasi Perhitungan Kontrol Syarat *strong column – weak beam*

Letak	Mnc (kNm)		Total (kNm)	1,2 x Mn _b (kNm)	Ket
	Atas	Bawah			
BS - lt.4	3114.92	222.07	3336.99	3113.649	OK
lt.5 - lt.12	1533,91	1576,22	3110,13	3061.995	OK

7.3.5. Tulangan Transversal untuk Pengekangan (Cross Ties)

- a. Daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop) dibutuhkan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom dengan l_o merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1):

- Tinggi komponen struktur di joint, $h = 1000$ mm
- $\frac{1}{6}$ x bentang bersih kolom = $\frac{1}{6} \times (3500 - 750) = 458,33$ mm
- 450 mm

Maka l_o yang dipakai = 1000 mm

- b. Menentukan spasi maksimum hoop (s_{max}) pada daerah sepanjang l_o dari ujung ujung kolom. s_{max} merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3):

- $\frac{1}{4}$ x dimensi penampang kolom terkecil = 250 mm
- 6 x db longitudinal terkecil = 150 mm
- So, dengan s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

- h_x = nilai terkecil dari

$$h_{x1} = \frac{2 \times bc}{3} = \frac{2 \times 884}{3} = 589,3 \text{ mm}$$

$$h_{x2} = \frac{bc}{3} = \frac{884}{3} = 294,67 \text{ mm}$$

Maka dipilih h_x 294,67 mm.

$$s_o = 100 + \frac{350 - 0,5 h_x}{3} = 118,44 \text{ mm}$$

Maka dipakai spasi sebesar 110 mm

Tabel 7.14 Rekapitulasi Spasi Maksimum Hoop

Jenis Kolom			b/4	6db	So	S.pakai
Letak	Dimensi (mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
BS 1 - lt.4	1000	1000	250	150	118,44	110
lt.5 - lt.12	800	800	200	150	159,42	110

c. Penentuan luas tulangan confinement

Untuk daerah sepanjang lo dari ujung-ujung kolom, total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4):

$$bc = 1000 - 2.50 - 16 = 884 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b - 2 \times deck)^2 = 810000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0,3 \frac{s. bc . f'_c}{f_y} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = 733,158 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{s. bc . f'_c}{f_y} = 937,67 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\text{D16}) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= 5 A_s (\text{D16}) \\ &= 1005,31 \text{ mm}^2 > 937,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan 5D16-110 mm

Tabel 7.15 Rekapitulasi Spasi Tulangan Confinement

Jenis Kolom			bc	Ash1	Ash2	As. Pasang	Tulangan
Letak	Dimensi (mm)		(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	Pasang
BS 1 - lt.4	1000	1000	884	733.1587	937.6714	937.671429	5D16-110
lt.5 - lt.12	800	800	687	660.9621	647.7429	660.962099	5D13-110

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi lo di masing-masing ujung kolom / di luar daerah sendi plastis), diberi hoops dengan spasi minimum (tidak lebih dari) berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.4:

$$6 db = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\leq 150 \text{ mm}$$

Sehingga menggunakan tulangan 5D16-150mm.

Dengan perhitungan yang sama, untuk kolom ukuran 80 x 80 cm didapat penulangan pengekan menggunakan 5D13-150 mm untuk di luar sendi plastis.

7.3.6. Tulangan Transversal untuk Beban Geser

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (a), tetapi tidak perlu lebih besar dari nilai (b) dan harus melebihi nilai (c).

$$a. V_{e1} = \frac{M_{prc\ atas} + M_{prc\ bawah}}{l_u}$$

$$b. V_{e2} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{l_n}$$

$$c. V_u \text{ hasil analisa struktur}$$

- Perhitungan gaya geser desain

a. Menghitung nilai V_{e1}

$M_{prc.atas}$ dan $M_{prc.bawah}$ didapatkan dari diagram interaksi P_n-M_{pr} kolom. Diagram interaksi didapat dengan menggunakan $f_s = 1,25 f_y$ dan $\phi = 1$. Besarnya $M_{prc.atas}$ dan $M_{prc.bawah}$ adalah 4267,18 kN.m dan 4468,18 kN.m (Gambar 7.13).

No	Pu	Mux	Muy	ϕM_{nx}	ϕM_{ny}	$\phi M_n/\mu$
	kN	kNm	kNm	kNm	kNm	
1	6670.11	128.65	53.43	4173.82	1733.40	32.443
2	6577.71	158.09	48.39	4354.09	1332.82	27.542
3	7146.56	144.10	58.62	4267.18	1736.02	29.613
4	7067.36	167.94	49.28	4468.18	1311.11	26.605
5	6693.21	225.21	88.81	4224.88	1666.02	18.760
6	6614.01	108.90	139.81	2719.11	3490.96	24.969
7	6543.79	20.56	152.99	642.56	4782.20	31.259
8	6464.59	243.49	13.68	4692.64	263.57	19.273
9	4205.28	11.09	176.97	263.06	4197.86	23.721
10	4145.88	148.51	62.35	3659.20	1536.17	24.639
11	4354.70	234.67	64.83	3903.41	1078.27	16.633
12	4295.30	13.92	91.14	633.79	4149.79	45.532
13	4370.58	176.50	108.27	3387.15	2077.87	19.191
14	4311.18	54.75	124.56	1652.08	3758.90	30.176
15	4354.70	234.67	64.83	3903.41	1078.27	16.633
16	4295.30	13.92	91.14	633.79	4149.79	45.532
17	6527.92	37.62	196.43	898.65	4692.35	23.888
18	6448.72	202.66	47.10	4455.97	1035.62	21.987
19	6677.33	283.38	45.36	4624.86	740.28	16.320
20	6598.13	68.07	106.39	2414.39	3773.40	35.469

Gambar 7.13 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Atas dan Bawah $f_s = 1,25 f_y$

Maka dapat dihitung,

$$V_{e1} = \frac{4267,18 + 4468,18}{3,5} = 2495,817 \text{ kN}$$

b. Menghitung V_{e2}

Nilai M_{pr+} dan M_{pr-} merupakan nilai pada balok yaitu sebesar 1679,3857 kN.m dan 1057,77 kN.m

$$V_{e2} = \frac{1679,3857 + 1057,77}{3,5 - 0,75} = 995,33 \text{ kN}$$

c. V_u hasil analisis struktur ETABS

Berdasarkan output ETABS didapatkan nilai $V_u = 126,108$ kN, sedangkan didapatkan V_{maks} hasil perhitungan sebesar 2495,817 kN, maka nilai $V_e > V_u$.

Berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 yaitu nilai V_e tidak boleh lebih kecil dari nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan analisa struktur. Sehingga perencanaan geser memenuhi persyaratan (OK). Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan kontrol nilai V_e terhadap nilai V_u (Tabel 7.16):

Tabel 7.16 Rekap Kontrol Nilai V_e terhadap Nilai V_u

Jenis Kolom			V_{e1}	V_{e2}	V_u	Ket
Letak	Dimensi (mm)		kN	kN	kN	
BS 1 - lt.4	1000	1000	2495,817	995.33	126.1	OK
lt.5 - lt.12	800	800	1258,975	1117.2	121.8	OK

- Perhitungan Tulangan Geser

a. Mengecek kontribusi beton

Berdasarkan SNI 2847:2013, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila :

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_{sway} , mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam lo.

$$V_e > V_u \cdot 50\%$$

$$2495,817 > 126,108 \text{ (OK)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan gaya geser yang ditimbulkan gempa harus mewakili atau lebih dari setengah kekuatan geser perlu maksimum (Tabel 7.17) :

Tabel 7.17 Rekap Perhitungan Gaya Geser akibat Gempa

Letak	V_e	V_u	$0,5 \times V_u$	Ket.
	kN	kN	kN	
BS 1 - lt.4	2495,817	126.11	63.05	OK

lt.5 - lt.12	1258,975	121.80	60.9	OK
-----------------	----------	--------	------	----

- o Gaya tekan aksial terfaktor, P_u harus kurang dari $\frac{A_g \times f'_c}{20}$
Berikut merupakan rekap syarat kontribusi beton
diperhitungkan atau tidak (Tabel 7.18):

Tabel 7.18 Rekap Kontrol Syarat Kontribusi Beton

Letak	P_u	$A_g \cdot f'_c / 20$	Ket.
	kN	kN	
BS 1 - lt.4	7146.557	2250	NOT OK
lt.5 - lt.12	3576.116	1280	NOT OK

Karena salah satu syarat tidak memenuhi maka nilai V_c harus diperhitungkan.

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2, perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser dengan nilai N_u diambil yang terkecil dari semua kombinasi yang ada :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 1053,98 \text{ kN}$$

- Menghitung tulangan transversal penahan geser untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom. Besarnya nilai V_s dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang 5D16-110:

$$A_v = 1005,31 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{2495,817}{0,75} - 1053,98 = 2273,77 \text{ kN}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{1005,31 \times 420 \times 921,5}{2273776,19} = 171,118 \text{ mm}$$

$$S \text{ pakai} = 110 \text{ mm (memenuhi)}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 spasi minimum untuk tulangan transversal penahan gaya geser untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih sebagai berikut :
 - 6 x db longitudinal terkecil = 150 mm
 - 150 mm
- Jadi sengkang yang digunakan diluar daerah plastis adalah 5D16-150 mm.

Dengan perhitungan yang sama, untuk kolom ukuran 80 x 80 cm didapat penulangan penahan gaya geser menggunakan 5D13-110 mm untuk di daerah sendi plastis dan 5D13-150 mm untuk di luar sendi plastis.

7.3.7. Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah 1,3 ld (SNI 2847:2013 pasal 12.17.2.2). Besarnya ld ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai Kr = 0 untuk penyederhanaan desain.

$$ld = \left(\frac{fy}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f'c}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s}{\frac{Cb + Ktr}{db}} \right) \cdot db$$

Dimana :

$\Psi_t = 1$ (situasi lainnya)

$\Psi_e = 1$ (tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s = 1$ (tulangan > D22)

$\lambda = 1$ (beton biasa)

d = 25 mm

Nilai cb merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini :

$$c_1 = \text{Deck} + D_{\text{sengkang}} + D_{\text{lentur}}/2 = 78,5 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,5 \cdot ((h \text{ kolom} - 2 \times c_1)/2) = 210,75 \text{ mm}$$

maka $c_b = c_{\min} = 78,5 \text{ mm}$

○ Panjang penyaluran kondisi tarik

$$- l_d = \left(\frac{420}{1,1 \times 1 \times \sqrt{45}} \frac{1}{\frac{78,5+0}{25}} \right) \cdot 25 = 569,181 \text{ mm}$$

- Sambungan lewatan kondisi tarik :

$$1,3 l_d = 1,3 \times 569,181 = 739,935 \text{ mm}$$

○ Dan $1,3 l_d$ dapat dikurangi apabila area efektif $> 0,0015 \cdot h \cdot s$ (SNI 2847:2013 pasal 12.17.2.4)

$$- \text{Area sengkang} = 1005,31 \text{ mm}^2$$

$$- 0,0015 \cdot h \cdot s = 0,0015 \times 1000 \times 110 = 165 \text{ mm}$$

Maka dari pernyataan diatas nilai $1,3 l_d$ dapat dikurangi sebesar 0,83 (Pasal 12.17.2.4)

$$- 1,3 \times l_d \times 0,83 = 614,146 \text{ mm} \sim 615 \text{ mm}$$

Tabel 7.19 Rekap Perhitungan Sambungan Lewatan

Letak	C1	C2	Cb	ld	$1,3 \times l_d \times 0,83$	ld.pakai
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
BS 1 - lt.4	78.5	210.75	78.5	569.181	614.15	615
lt.5 - lt.12	78.5	160.75	78.5	603.71	651.4	652

7.4. Perencanaan Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok kolom yang akan ditinjau pada bagian ini adalah *joint* di antara lantai 3 dan 4 dengan kolom ukuran 1000 x 1000 mm.

7.4.1. Hubungan Balok Kolom Berdasarkan SNI 2847:2013

7.4.1.1. Hubungan Balok Kolom Interior

a. Syarat Panjang Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter longitudinal terbesar.

$$b = h = 1000 \text{ mm}$$

$$20 \times db = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 1000 \text{ mm (OK)}$$

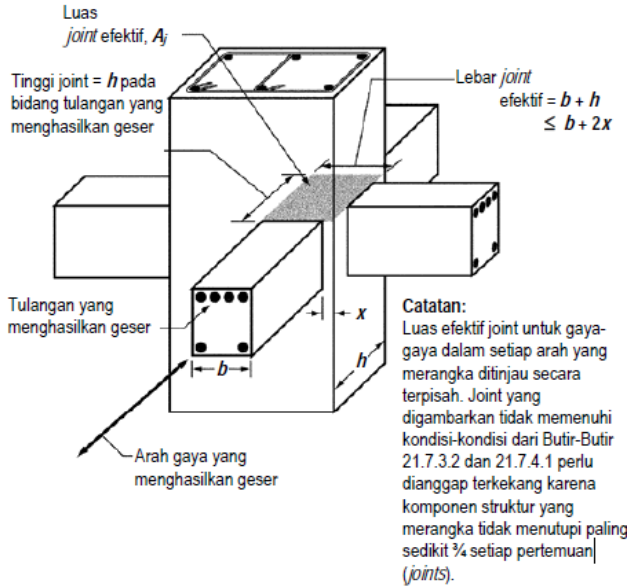
Berikut rekap perhitungan syarat panjang joint (Tabel 7.20):

Tabel 7.20 Rekap Perhitungan Syarat Panjang Joint

Jenis Kolom			db	20.db	Ket.
Letak	Dimensi (mm)		(mm)	(mm)	
BS 1 - lt.4	1000	1000	25	500	OK
lt.5 - lt.12	800	800	25	500	OK

b. Luas Efektif Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, A_j merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif



Gambar 7.14 Luas Joint Efektif

$$\begin{aligned}
 b &= 500 \text{ mm} \\
 h_{\text{joint}} &= 1000 \text{ mm} \\
 x &= \frac{(1000-500)}{2} = 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat lebar joint efektif merupakan nilai terkecil dari (Gambar 7.18):

$$\begin{aligned}
 b + h &= 500 + 1000 = 1500 \text{ mm} \\
 b + 2x &= 500 + 2(250) = 1000 \text{ mm} \\
 \text{maka lebar joint pakai adalah } 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A_j = b_j \times h_j = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Transversal Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang

dibutuhkan pada ujung-ujung kolom yang terkekang di empat sisinya. Spasi vertical tulangan confinement ini diizinkan diperbesar hingga 150 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2)

$$\frac{A_{sh}}{s} = 9,139 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (sama seperti confinement kolom)}$$

$$s = 110 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 1005,309 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 5D16-110 mm

d. Gaya Geser pada Joint

• Menghitung M_g

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{prb1} = 1679,385$ kN.m dan $M_{prb2} = 599,108$ kN.m. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\frac{\frac{1}{12} b_1 h_1^3}{\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3} = 0,5$$

Maka,

$$\begin{aligned} M_e &= 0,5 (M_{prb1} + M_{prb2}) = 0,5 (1679,385 + 599,108) \\ &= 1139,247 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

• Menghitung geser pada kolom

$$V_{\text{sway}} = \frac{2 \times M_e}{l_n} = 828,543 \text{ kN}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.1, perlu dihitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal yang berada di dalam joint. Dalam perhitungan, diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$.

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$A_s \text{ balok 12D 25} = 5890,486 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = A_s \times 1,25 f_y$$

$$= 5890,486 \times 1,25 \times 420$$

$$= 3092,502 \text{ kN}$$

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri
 - As balok 4D 25 = 1963,495 mm²
 - $T_2 = A_s \times 1,25 f_y$
 - = 1963,495 x 1,25 x 420
 - = 1030,835 kN

Maka gaya geser pada joint,

$$V_j = (T_1 + T_2) - V_{\text{sway}} = 3092,502 + 1030,835 - 828,5$$

$$= 3294,796 \text{ kN}$$

e. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang tidak dikekang di empat sisinya dan termasuk kasus lainnya sebagai berikut :

$$V_n = 1 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_j = \sqrt{35} \cdot 1000000 = 5916079783 \text{ N}$$

$$= 5916,079 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5916,079 > V_j = 3294,797 \text{ kN}$$

$$4437,059 > 3294,797 \quad (\text{OK})$$

7.4.1.2. Hubungan Balok Kolom Eksterior

a. Syarat Panjang Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter longitudinal terbesar.

$$b = h = 1000 \text{ mm}$$

$$20 \times d_b = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 1000 \text{ mm} (\text{OK})$$

b. Luas Efektif Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, A_j merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif

$$b_{\text{balok}} = 400 \text{ mm}$$

$$h_{\text{joint}} = 1000 \text{ mm}$$

$$x = \frac{(1000-400)}{2} = 300 \text{ mm}$$

$$b + h = 400 + 1000 = 1400 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 + 2(300) = 1000 \text{ mm}$$

maka lebar joint pakai adalah 1000 mm

$$A_j = b_j \times h_j = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

- c. Tulangan Transversal Confinement
Confinement pada joint eksterior sama dengan pada joint interior.

$$\frac{A_{sh}}{s} = 9,139 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (sama seperti confinement kolom)}$$

$$s = 110 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 1005,309 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 5D16-110 mm

- d. Gaya Geser pada Joint

• Menghitung M_g

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{prb1} = 734,933$ kN.m dan $M_{prb2} = 599,108$ kN.m. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\frac{\frac{1}{12} b_1 h_1^3}{\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3} = 0,5$$

Maka,

$$M_e = 0,5 (M_{prb1} + M_{prb2}) = 0,5 (734,933 + 599,108) = 667,021 \text{ kN.m}$$

• Menghitung geser pada kolom

$$V_{\text{sway}} = \frac{2 \times M_e}{l_n} = 476,443 \text{ kN}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.1, perlu dihitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

yang berada di dalam joint. Dalam perhitungan, diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$.

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 5D 25} &= 2454,369 \text{ mm}^2 \\ T_1 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 2454,369 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1288,5438 \text{ kN} \end{aligned}$$
- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 4D 25} &= 1963,495 \text{ mm}^2 \\ T_2 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 1963,495 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1030,835 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka gaya geser pada joint,

$$\begin{aligned} V_j &= (T_1 + T_2) - V_{\text{sway}} = 1288,5438 + 1030,835 - 476,4 \\ &= 1842,935 \text{ kN} \end{aligned}$$

e. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang tidak dikekang di empat sisinya dan termasuk kasus lainnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j = \sqrt{35} \cdot 1000000 = 5916079783 \text{ N} \\ &= 5916,079 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 5916,079 > V_j = 3294,797 \text{ kN} \\ 4437,059 &> 1842,935 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Sedangkan untuk arah y terdapat balok BI5 dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Gaya Geser pada Joint

• Menghitung M_g

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{\text{prb1}} = 865,176 \text{ kN.m}$ dan $M_{\text{prb2}} = 599,108 \text{ kN.m}$ dan diambil M_{prb} yang

memiliki nilai maksimum. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\frac{\frac{1}{12} b_1 h_1^3}{\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3} = 0,5$$

Maka,

$$Me = 0,5 (M_{prb1}) = 0,5 (865,176) = 432,588 \text{ kN.m}$$

- Menghitung geser pada kolom

$$V_{sway} = \frac{2 \times Me}{ln} = 308,99 \text{ kN}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.1, perlu dihitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal yang berada di dalam joint. Dalam perhitungan, diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah 1,25 fy.

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 6D 25} &= 2945,243 \text{ mm}^2 \\ T_1 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 2945,243 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1546,252 \text{ kN (menentukan)} \end{aligned}$$
- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 4D 25} &= 1963,495 \text{ mm}^2 \\ T_2 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 1963,495 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1030,835 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka gaya geser pada joint,

$$\begin{aligned} V_j &= T_1 - V_{sway} = 1546,252 - 308,99 \\ &= 1237,26 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang tidak dikekang di empat sisinya dan termasuk kasus lainnya sebagai berikut :

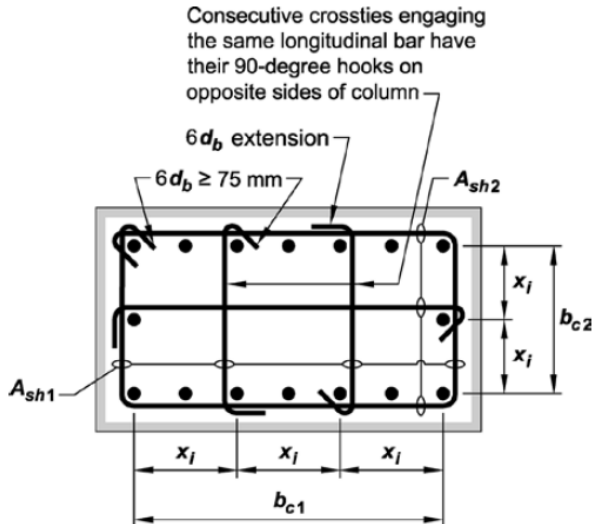
$$V_n = 1 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_j = \sqrt{35} \cdot 1000000 = 5916079783 \text{ N} = 5916,079 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5916,079 > V_j = 1237,26 \text{ kN}$$

$$4437,059 > 1237,26 \quad (\text{OK})$$

7.4.2. Hubungan Balok Kolom Berdasarkan ACI 318M:14

Pada peraturan sebelumnya yaitu ACI 318:11, menjelaskan bahwa nilai h_x merujuk pada jarak antara kaki sengkang atau sengkang yang menyilang, sedangkan pada peraturan ini (ACI 318M:14, pasal R18.7.5.2) nilai h_x merujuk pada jarak antara tulangan longitudinal kolom yang berada di samping sengkang atau sengkang yang menyilang.



Gambar 7.15 Penulangan Transversal di Kolom

$$bc = 1000 - 2.50 - 2.16 - 25 = 843 \text{ mm}$$

hx = nilai terkecil dari

$$= \frac{2x \cdot bc}{3} = \frac{2x \cdot 843}{3} = 562 \text{ mm}$$

$$= \frac{bc}{3} = \frac{843}{3} = 281 \text{ mm}$$

Maka dipilih hx 281 mm. (tidak boleh melebihi 350 mm)

$$So = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot hx}{3} = 123 \text{ mm}$$

$$Ach = (bc)^2 = 710649 \text{ mm}^2$$

$$Ash1 = 0,3 \frac{s \cdot bc \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) = 1103,27 \text{ mm}^2$$

$$Ash2 = 0,09 \frac{s \cdot bc \cdot f'_c}{f_y} = 812,89 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ (D16)} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,14 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= 6 As \text{ (D16)} \\ &= 1206,37 \text{ mm}^2 > 1103,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai 6D16-100 mm untuk confinement sepanjang lo.

7.4.2.1. Hubungan Balok Kolom Interior

a. Syarat Panjang Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter longitudinal terbesar.

$$b = h = 1000 \text{ mm}$$

$$20 \times db = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 1000 \text{ mm (OK)}$$

b. Luas Efektif Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.4.3, Aj merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h_{\text{joint}} = 1000 \text{ mm}$$

$$x = \frac{(1000 - 500)}{2} = 250 \text{ mm}$$

Syarat lebar joint efektif merupakan nilai terkecil dari :

$$b + h = 500 + 1000 = 1500 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 500 + 2(250) = 1000 \text{ mm}$$

maka lebar joint pakai adalah 1000 mm

$$A_j = b_j \times h_j = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Transversal Confinement

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom yang terkekang di empat sisinya. Spasi vertical tulangan confinement ini diizinkan diperbesar hingga 150 mm (ACI 318M:14 pasal 18.8.3.2)

$$\frac{A_{sh}}{s} = 12,064 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (sama seperti confinement kolom)}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 1206,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 6D16-100 mm

d. Gaya Geser pada Joint

• Menghitung M_g

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{prb1} = 1679,385 \text{ kN.m}$ dan $M_{prb2} = 599,108 \text{ kN.m}$. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\frac{\frac{1}{12} b_1 h_1^3}{\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3} = 0,5$$

Maka,

$$\begin{aligned} M_e &= 0,5 (M_{prb1} + M_{prb2}) = 0,5 (1679,385 + 599,108) \\ &= 1139,247 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

• Menghitung geser pada kolom

$$V_{sway} = \frac{2 \times M_e}{l_n} = 828,543 \text{ kN}$$

- Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.2.1, perlu dihitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal yang berada di dalam joint. Dalam perhitungan, diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$.

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 12D 25} &= 5890,486 \text{ mm}^2 \\ T_1 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 5890,486 \times 1,25 \times 420 \\ &= 3092,502 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 4D 25} &= 1963,495 \text{ mm}^2 \\ T_2 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 1963,495 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1030,835 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka gaya geser pada joint,

$$\begin{aligned} V_j &= (T_1 + T_2) - V_{\text{sway}} = 3092,502 + 1030,835 - 828,5 \\ &= 3294,796 \text{ kN} \end{aligned}$$

e. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang tidak dikekang di empat sisinya dan termasuk kasus lainnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j = \sqrt{35} \cdot 1000000 = 5916079783 \text{ N} \\ &= 5916,079 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5916,079 > V_j = 3294,797 \text{ kN}$$

$$4437,059 > 3294,797 \quad (\text{OK})$$

7.4.2.2. Hubungan Balok Kolom Eksterior

a. Syarat Panjang Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter longitudinal terbesar.

$$b = h = 1000 \text{ mm}$$

$$20 \times db = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 1000 \text{ mm (OK)}$$

b. Luas Efektif Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.4.3, A_j merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif

$$b_{\text{balok}} = 400 \text{ mm}$$

$$h_{\text{joint}} = 1000 \text{ mm}$$

$$x = \frac{(1000-400)}{2} = 300 \text{ mm}$$

$$b + h = 400 + 1000 = 1400 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 400 + 2(300) = 1000 \text{ mm}$$

maka lebar joint pakai adalah 1000 mm

$$A_j = b_j \times h_j = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Transversal Confinement

Confinement pada joint eksterior sama dengan pada joint interior. (ACI 318M:14 pasal 18.8.3.2)

$$\frac{A_{sh}}{s} = 12,064 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (sama seperti confinement kolom)}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 1206,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan 6D16-100 mm

d. Gaya Geser pada Joint

• Menghitung M_g

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{prb1} = 734,933 \text{ kN.m}$ dan $M_{prb2} = 599,108 \text{ kN.m}$. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\frac{\frac{1}{12} b_1 h_1^3}{\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3} = 0,5$$

Maka,

$$Me = 0,5 (M_{prb1} + M_{prb2}) = 0,5 (734,933 + 599,108) \\ = 667,021 \text{ kN.m}$$

- Menghitung geser pada kolom

$$V_{sway} = \frac{2 \times Me}{ln} = 476,443 \text{ kN}$$

- Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.2.1, perlu dihitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal yang berada di dalam joint. Dalam perhitungan, diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah 1,25 fy.

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 5D 25} &= 2454,369 \text{ mm}^2 \\ T_1 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 2454,369 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1288,5438 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 4D 25} &= 1963,495 \text{ mm}^2 \\ T_2 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 1963,495 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1030,835 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka gaya geser pada joint,

$$V_j = (T_1 + T_2) - V_{sway} = 1288,5438 + 1030,835 - 476,4 \\ = 1842,935 \text{ kN}$$

e. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang tidak dikekang di empat sisinya dan termasuk kasus lainnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_j = \sqrt{35} \cdot 1000000 = 5916079783 \text{ N} \\ &= 5916,079 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5916,079 > V_j = 3294,797 \text{ kN}$$

$$4437,059 > 1842,935 \quad (\text{OK})$$

Sedangkan untuk arah y terdapat balok BI5 dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Gaya Geser pada Joint

• Menghitung M_g

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{prb1} = 865,176$ kN.m dan $M_{prb2} = 599,108$ kN.m dan diambil M_{prb} yang memiliki nilai maksimum. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$\frac{\frac{1}{12} b_1 h_1^3}{\frac{1}{12} b_1 h_1^3 + \frac{1}{12} b_2 h_2^3} = 0,5$$

Maka,

$$M_e = 0,5 (M_{prb1}) = 0,5 (865,176) = 432,588 \text{ kN.m}$$

• Menghitung geser pada kolom

$$V_{\text{sway}} = \frac{2 \times M_e}{l_n} = 308,99 \text{ kN}$$

• Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.2.1, perlu dihitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal yang berada di dalam joint. Dalam perhitungan, diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$.

- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 6D 25} &= 2945,243 \text{ mm}^2 \\ T_1 &= \text{As} \times 1,25 f_y \\ &= 2945,243 \times 1,25 \times 420 \\ &= 1546,252 \text{ kN (menentukan)} \end{aligned}$$
- Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{As balok 4D 25} &= 1963,495 \text{ mm}^2 \\ T_2 &= \text{As} \times 1,25 f_y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1963,495 \times 1,25 \times 420 \\
 &= 1030,835 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka gaya geser pada joint,

$$\begin{aligned}
 V_j &= T_1 - V_{\text{sway}} = 1546,252 - 308,99 \\
 &= 1237,26 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Cek Kuat Geser Joint

Berdasarkan ACI 318M:14 pasal 18.8.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang tidak dikekang di empat sisinya dan termasuk kasus lainnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_n &= 1 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j = \sqrt{35} \cdot 1000000 = 5916079783 \text{ N} \\
 &= 5916,079 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \times 5916,079 > V_j = 1237,26 \text{ kN} \\
 4437,059 &> 1237,26 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

7.4.3. Hubungan Balok Kolom Berdasarkan NZS 3101.1:2006

Gaya geser desain horizontal pada sambungan, V_{jh}^* , tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,20 f'_c b_j h_c$, atau, $10 b_j h_c$ dimana h_c adalah keseluruhan kedalaman kolom ke arah geser horizontal, dan lebar efektif di pertemuan, b_j , harus diambil :

a. Dimana, $bc \geq bw$:

- $b_j = bc$,
 - $b_j = bw + 0,5 h_c$,
- dan dipilih yang terkecil;

b. Dimana, $bc < bw$:

- $b_j = bw$,
 - $b_j = bc + 0,5 h_c$
- dan dipilih yang terkecil.

- Untuk balok kolom interior,

$bc = 1000 \text{ mm}$ (b kolom)

$bw = 400 \text{ mm}$ (b balok)

Karena $bc \geq bw$ maka,

- $b_j = 1000 \text{ mm}$

• $b_j = 400 + 0,5 (1000) = 900 \text{ mm}$
 Sehingga $b_j \text{ pakai} = 900 \text{ mm}$.

- Untuk balok kolom eksterior,

$bc = 1000 \text{ mm}$ (b kolom)

$bw = 400 \text{ mm}$ (b balok)

Karena $bc \geq bw$ maka,

• $b_j = 1000 \text{ mm}$

• $b_j = 400 + 0,5 (1000) = 900 \text{ mm}$

Sehingga $b_j \text{ pakai} = 900 \text{ mm}$.

Untuk luasan tulangan yang dibutuhkan baik vertikal maupun horizontal harus lebih besar sama dengan $0,4 \frac{V^*_{jh}}{f_y h}$ (NZS 3101.2:2006, Tabel C15.1 Part A)

7.4.3.1. Hubungan Balok Kolom Interior

a. Menentukan Luasan Tulangan yang Melewati *Joint*

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi D^2 5 \text{ (tulangan pada balok di kanan joint)} \\ &= \frac{1}{4} \pi 25^2 5 = 2454,369 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s2} &= \frac{1}{4} \pi D^2 4 \text{ (tulangan pada balok di kiri joint)} \\ &= \frac{1}{4} \pi 25^2 4 = 1963,495 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

b. Menghitung Gaya Geser pada *Joint*

$L_1 = 7,8 \text{ m}$ (bentang balok di kanan *joint*)

$L_{1n} = 7,8 - 1 = 6,8 \text{ m}$

$L_2 = 7 \text{ m}$ (bentang balok di kiri *joint*)

$L_{2n} = 7 - 1 = 6 \text{ m}$

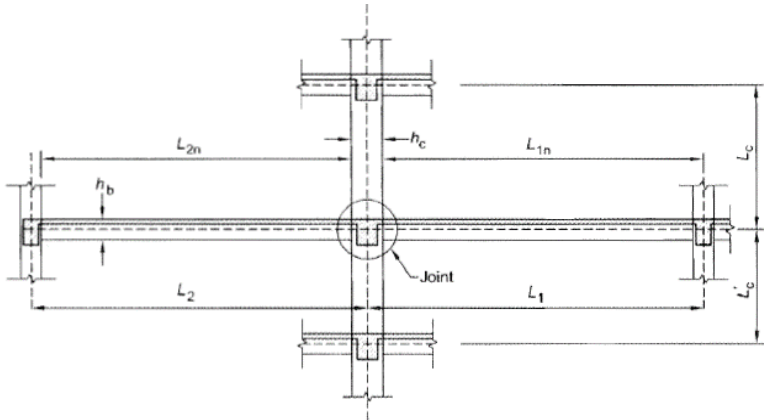
$M_{o1} = 773,134 \text{ kN.m}$ (M_{prb} balok di kanan *joint*)

$M_{o2} = 629,737 \text{ kN.m}$ (M_{prb} balok di kiri *joint*)

$L_c = 3,5 \text{ m}$ (tinggi kolom as ke as di atas *joint*)

$L'_c = 3,5 \text{ m}$ (tinggi kolom as ke as di bawah *joint*)

$$V_{col} = \frac{2 \left(\frac{L_1}{L_{1n}} M_{o1} + \frac{L_2}{L_{2n}} M_{o2} \right)}{L_c + L'_c} = 463,29 \text{ kN}$$



Gambar 7.16 Hubungan Balok Kolom Interior
(Sumber : NZS 3101.2:06)

- c. Menentukan Nilai Gaya Geser Horizontal dan Vertikal

- Gaya geser horizontal

$$V_{ojh}^* = \phi^o f_y (A_{s1} + A_{s2}) - V_{col} \text{ (NZS 3101.1, 15.4.4.1)}$$

$$V_{ojh}^* = 1,31 \cdot 420(2454,369 + 1963,5) - 463,29 \\ = 1967,416 \text{ kN}$$

- Gaya geser vertikal

$$V_{jv}^* = V_{ojh}^* \frac{hb}{hc} = 1978,955 \frac{0,4}{1} \\ = 786,966 \text{ kN}$$

- d. Menghitung Penulangan Senggang Horizontal dan Vertikal

$$N_o^* = 4145,88 \text{ kN}$$

$$\alpha_n = 1$$

$$C_j = \frac{V_{jx}}{V_{jx} + V_{jy}} = \frac{1967,416}{1967,416 + 3553,61} = 0,356$$

$$\alpha_i = \left(1,4 - 1,6 \frac{C_j N_o^*}{f'_c A_g} \right) \alpha_n \\ = 1,3322$$

- Perhitungan sengkang horizontal

$$A_{jh} = \frac{6V^*_{jh}}{f'_c b_j h_c} \left(\frac{\alpha_i f_y A^*_s}{f_{yh}} \right) = 2779,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nilai } A_{jh} \geq 0,4 \frac{V^*_{jh}}{f_{yh}} = 1873,729 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

- Perhitungan sengkang vertikal

$$\alpha_v = \frac{0,7}{1 + \frac{N^*_o}{f'_c A_g}} = 0,6258$$

$$A_{jv} = \alpha_v A_{jh} \frac{f_{yh} h_b}{f_{yv} h_c} = 695,911 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nilai } A_{jv} \geq 0,4 \frac{V^*_{jh}}{f_{yh}} = 1873,729 \text{ mm}^2 \quad (\text{NOT OK})$$

$$\text{Maka nilai } A_{jv} = 1873,729 \text{ mm}^2$$

e. Cek Gaya Geser

- Horizontal

$$V_{ch} = V^*_{jh} \left(1 - \frac{6 \alpha_i f_y A^*_s}{f'_c b_j h_c} \right) = 1452,684 \text{ kN}$$

$$V_{sh} = A_{jh} + f_{yh} = 1167,5167 \text{ kN}$$

$$V^*_{jh} \leq \phi V_{jh} = V_{ch} + V_{sh} \quad (\phi = 1, \text{ pasal 15.4.3.4})$$

$$1967,416 \text{ kN} \leq 2620,2 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

- Vertikal

$$V_{cv} = \frac{h_b}{h_c} (V^*_{jh} - \alpha_v A_{jh} f_{yh}) = 494,68 \text{ kN}$$

$$V_{sv} = A_{jv} + f_{yv} = 786,966 \text{ kN}$$

$$V^*_{jv} \leq \phi V_{jv} = V_{cv} + V_{sv} \quad (\phi = 1, \text{ pasal 15.4.3.4})$$

$$786,966 \text{ kN} \leq 1281,65 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

7.4.3.2. Hubungan Balok Kolom Eksterior

Hubungan balok kolom yang ditinjau adalah dari arah y, yang terdapat balok B15.

- a. Menentukan Luasan Tulangan yang Melewati *Joint*

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{1}{4} \pi D^2 6 \text{ (tulangan atas pada balok B15)} \\ &= 2945,243 \text{ mm}^2 \\ A_{s2} &= \frac{1}{4} \pi D^2 4 \text{ (tulangan bawah pada balok B15)} \\ &= \frac{1}{4} \pi 25^2 4 = 1963,495 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- b. Menghitung Gaya Geser pada *Joint*

$$\begin{aligned} L_1 &= 7,5 \text{ m (bentang balok di kanan joint)} \\ L_{1n} &= 7,5 - 1 = 6,5 \text{ m} \\ M_{o1} &= 910,9,134 \text{ kN.m (M}_{prb} \text{ balok di kanan joint)} \\ L_c &= 3,5 \text{ m (tinggi kolom as ke as di atas joint)} \\ L'_c &= 3,5 \text{ m (tinggi kolom as ke as di bawah joint)} \\ V_{col} &= \frac{2 \left(\frac{L_1}{L_{1n}} M_{o1} \right)}{L_c + L'_c} \\ &= 300,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

- c. Menentukan Nilai Gaya Geser Horizontal dan Vertikal

- Gaya geser horizontal

$$\begin{aligned} V_{ojh}^* &= \phi^o f_y (A_{s1}) - V_{col} \quad (\text{NZS 3101.1, 15.4.4.1}) \\ V_{ojh}^* &= 1,31 \cdot 420(2945,243) - 300,3 \\ &= 1320,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Gaya geser vertikal

$$\begin{aligned} V_{jv}^* &= V_{ojh}^* \frac{hb}{hc} = 1320,17 \frac{0,4}{1} \\ &= 528,068 \text{ kN} \end{aligned}$$

- d. Menghitung Penulangan Senggang Horizontal dan Vertikal

$$\begin{aligned} N_o^* &= 4145,88 \text{ kN} \\ \alpha_n &= 1 \\ C_j &= \frac{V_{jx}}{V_{jx} + V_{jy}} = \frac{1320,17}{1967,41 + 1320,17} = 0,4015 \end{aligned}$$

- Perhitungan sengkang horizontal

$$A_{jh} = \frac{6V^*_{ojh}}{f'_c b_j h_c} \left(\frac{\beta f_y A^*_s}{f_{yh}} \right) \left(0,7 - \frac{C_j N^*_{o}}{f'_c A_g} \right) = 1633,338 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nilai } A_{jh} \geq 0,4 \frac{V^*_{jh}}{f_{yh}} = 1257,3 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

- Perhitungan sengkang vertikal

$$\alpha_v = \frac{0,7}{1 + \frac{N^*_{o}}{f'_c A_g}} = 0,6258$$

$$A_{jv} = \alpha_v A_{jh} \frac{f_{yh}}{f_{yv}} \frac{h_b}{h_c} = 408,899 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nilai } A_{jv} \geq 0,4 \frac{V^*_{jh}}{f_{yh}} = 1257,3 \text{ mm}^2 \quad (\text{NOT OK})$$

$$\text{Maka } A_{jv} = 1257,3 \text{ mm}^2$$

e. Cek Gaya Geser

- Horizontal

$$V_{ch} = V^*_{ojh} \left(1 - \frac{6 \beta f_y A^*_s}{f'_c b_j h_c} \left(0,7 - \frac{C_j N^*_{o}}{f'_c A_g} \right) \right) = 1117,226 \text{ kN}$$

$$V_{sh} = A_{jh} + f_{yh} = 686 \text{ kN}$$

$$V^*_{jh} \leq \phi V_{jh} = V_{ch} + V_{sh} \quad (\phi = 1, \text{ pasal 15.4.3.4})$$

$$1320,17 \text{ kN} \leq 1803,228 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

- Vertikal

$$V_{cv} = \frac{h_b}{h_c} (V^*_{jh} - \alpha_v A_{jh} f_{yh}) = 356,33 \text{ kN}$$

$$V_{sv} = A_{jv} + f_{yv} = 528,068 \text{ kN}$$

$$V^*_{jv} \leq \phi V_{jv} = V_{cv} + V_{sv} \quad (\phi = 1, \text{ pasal 15.4.3.4})$$

$$528,068 \text{ kN} \leq 884,398 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

7.4.4. Hubungan Balok Kolom Berdasarkan EN 1992:2004

Hubungan balok kolom yang akan didesain menggunakan tingkat daktilitas tinggi (*Ductility Class High*). Untuk peraturan Eurocode sendiri menggunakan *partial safety*

factor untuk material beton dan tulangan baja (EN 1992:2004, pasal 2.4.2.4, tabel 2.1N)

dengan data sebagai berikut :

- $f_{ck} = 35$ MPa (karakteristik kuat tekan beton)
- $f_{yk} = 420$ MPa (Mutu tulangan baja)
- $\tau_{rd} = 0,035 f_{ck}^{\frac{2}{3}}$ (*basic design shear strength of concrete*)
 $= 0,035 (35)^{\frac{2}{3}} = 0,3745$ MPa
- $\gamma_{rd} = 1,2$ (minimum faktor kuat lebih untuk DCH)
- $\gamma_s = 1,15$ (untuk material beton)
- $\gamma_c = 1,5$ (untuk material tulangan baja)
- $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{420}{1,15} = 365,217$ MPa
- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 23,33$ MPa
- $\lambda = 1$ (factor untuk menghitung penahan gaya geser pada beton akibat degradasi yang berulang-ulang / siklik)
- $N_c = 7146,56$ kN (gaya aksial terfaktor pada joint)
- h kolom = 1000 mm
- menentukan nilai b_j pakai,

a. Dimana, $bc \geq bw$:

- $b_j = bc$,
 - $b_j = bw + 0,5 hc$,
- dan dipilih yang terkecil;

b. Dimana, $bc < bw$:

- $b_j = bw$,
 - $b_j = bc + 0,5 hc$
- dan dipilih yang terkecil.

- Untuk balok kolom interior,

$bc = 1000$ mm (b kolom)

$bw = 500$ mm (b balok)

Karena $bc \geq bw$ maka,

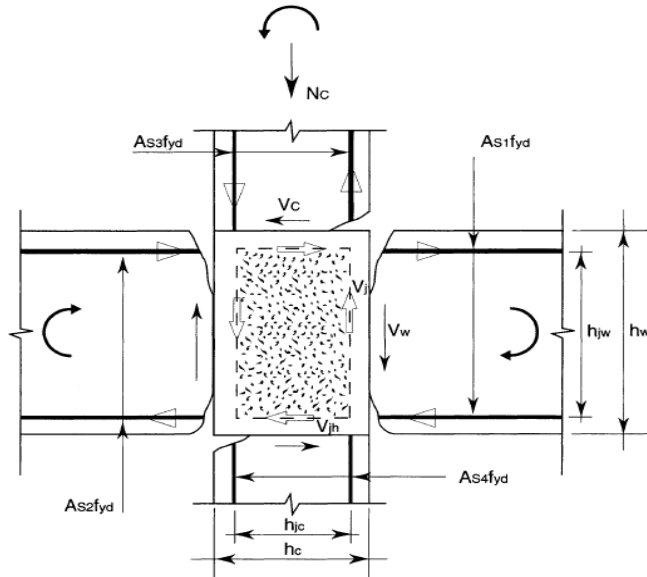
- $b_j = 1000$ mm
- $b_j = 500 + 0,5 (1000) = 1000$ mm

Sehingga b_j pakai = 1000 mm.

- Untuk balok kolom eksterior,
 $b_c = 1000$ mm (b kolom)
 $b_w = 400$ mm (b balok)
 Karena $b_c \geq b_w$ maka,
 - $b_j = 1000$ mm
 - $b_j = 400 + 0,5 (1000) = 900$ mm
 Sehingga b_j pakai = 900 mm.

7.4.4.1. Hubungan Balok Kolom Interior

- a. Menentukan Luasan Tulangan yang Melewati *Joint*
 A_{s1} dan A_{s2} adalah tulangan pada balok BI 1 dan BI 2 sisi kiri dan kanan yang melewati joint, serta A_{s3} dan A_{s4} adalah tulangan pada kolom yang melewati joint, berikut adalah ilustrasi gambar tulangan di daerah joint.



Gambar 7.17 Gaya yang Bekerja pada Joint
 (Andrew dan Derrick, 1997)

$$\begin{aligned}
 As_1 &= \frac{1}{4} \pi D^2 5 \text{ (tulangan pada balok di kanan joint)} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 5 = 2454,369 \text{ mm}^2 \\
 As_2 &= \frac{1}{4} \pi D^2 4 \text{ (tulangan pada balok di kiri joint)} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 4 = 1963,495 \text{ mm}^2 \\
 As_3 = As_4 &= \frac{1}{4} \pi D^2 7 \text{ (tulangan pada kolom di joint)} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 25^2 7 = 3436,1169 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

b. Menghitung Gaya Geser pada *Joint*

$$a = \frac{\gamma_{rd} \times As \times fy}{0,85 \times f'c \times bw}$$

$$M_{prb} = \gamma_{rd} \times As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Perhitungan M_{prb} balok di sebelah kanan *joint*,

$$a_1 = 103,949 \text{ mm}$$

$$M_{prb1} = 708,2147 \text{ kN.m}$$

Perhitungan M_{prb} balok di sebelah kiri *joint*,

$$a_2 = 83,159 \text{ mm}$$

$$M_{prb2} = 576,858 \text{ kN.m}$$

Sehingga didapat Me (momen pada kolom),

$$Me = 0,5 (708,2147 + 576,858) = 642,5367 \text{ kN.m}$$

Menghitung nilai V_c

$$l_n = l_{kolom} - h_{balok} = 3,5 - 0,7 = 2,8 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{2 \times Me}{l_n} = 458,954 \text{ kN}$$

Menghitung nilai V_w

$$l_n \text{ balok} = 0,5(7,8 - 1) + 0,5(7 - 1) = 6,4 \text{ m}$$

$$V_w = \frac{M_{prb1} + M_{prb2}}{l_n \text{ balok}} = \frac{1624,55 + 576,858}{8} = 200,792 \text{ kN}$$

- c. Menentukan Nilai Gaya Geser Horizontal dan Vertikal
Perhitungan gaya geser sesuai dengan pasal

- Gaya geser horizontal

$$V_{jh} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} \right] - V_c$$

$$V_{jh} = 1,2 \left[\frac{2}{3} (2454,37 + 1963,5) 365,2 \right] - 458,9$$

$$= 831,83 \text{ kN}$$

- Gaya geser vertikal

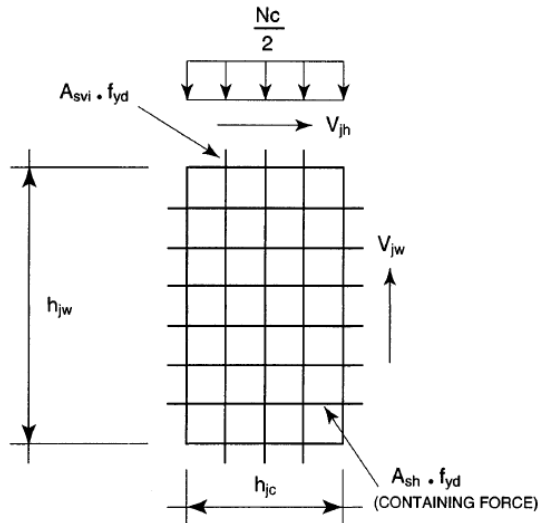
$$V_{jv} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s3} + A_{s4}) f_{yd} \right] - V_w + \frac{N_c}{2}$$

$$= 1,2 \left[\frac{2}{3} (2 \times 3436,117) 365,2 \right] - 200,8 + \frac{7146,56}{2}$$

$$= 5380,3747 \text{ kN}$$

- d. Menghitung Penulangan Senggang Horizontal dan Vertikal

Untuk ilustrasi gambar sebagai berikut,



Gambar 7.18 Simplifikasi Model dari EC8 (Andrew dan Derrick, 1997)

$$\begin{aligned}
 h_{jc} &= b_{kolom} - 2 \times \text{Decking} - 2 \times D_{\text{sejangkang}} - D_{\text{longitudinal}} \\
 &\quad (\text{Jarak antar tulangan kolom}) \\
 &= 1000 - 2 \times 50 - 2 \times 16 - 25 \\
 &= 843 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{jw} &= D - D' \text{ (Jarak antar tulangan balok)} \\
 &= 624,5 - 75,5 = 549 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$V_d = \frac{Nc}{Ac \cdot f_{cd}} = \frac{7146560}{1000 \times 1000 \times 23,33} = 0,306 \text{ N/mm}^2$$

- Perhitungan sengkang horizontal

$$\begin{aligned}
 A_{sh} f_{ywd} &\geq \gamma_{rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8 v_d) \\
 A_{sh} f_{ywd} &\geq 1,2 (2454,37 + 1963,5) 365,2 (1 - 0,8 \cdot 0,306) \\
 A_{sh} &\geq 4002,4533 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka penulangan sengkang horizontal yang dibutuhkan adalah 4002,45 mm²

- Perhitungan sengkang vertikal

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &\geq \frac{2}{3} A_{sh} \frac{h_{jc}}{h_{jw}} \\
 A_{sv} &\geq \frac{2}{3} 4002,4533 \frac{843}{549} = 4097,229 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka penulangan sengkang vertikal yang dibutuhkan adalah 2668,3 mm²

e. Cek Gaya Geser terhadap Diagonal Compression Strut

$$\begin{aligned}
 V_{jh} &\leq 20 \tau_{rd} b_j h_c \\
 831,83 \text{ kN} &\leq 6740,92 \text{ kN} \quad (\text{OK !})
 \end{aligned}$$

dan,

$$V_{jh} \leq \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc} \text{ (EN 1998:2004, 5.5.3.3.b)}$$

$$\eta = 0,6 \left(1 - \frac{f'c}{250} \right) = 0,516$$

maka,

$$831,83 \text{ kN} \leq 5823,585 \text{ kN} \quad (\text{OK !})$$

7.4.4.2. Hubungan Balok Kolom Ekstrior

- a. Menentukan Luasan Tulangan yang Melewati *Joint*

As_1 adalah tulangan pada balok BI 5 di satu sisi yang melewati joint yang memiliki jumlah tulangan terbesar, serta As_3 dan As_4 adalah tulangan pada kolom yang melewati joint.

$$As_2 = \frac{1}{4} \pi D^2 6 \text{ (tulangan pada balok di kanan joint)}$$

$$= \frac{1}{4} \pi 25^2 6 = 2945,24 \text{ mm}^2$$

$$As_3 = As_4 = \frac{1}{4} \pi D^2 7 \text{ (tulangan pada kolom di joint)}$$

$$= \frac{1}{4} \pi 25^2 7 = 3436,1169 \text{ mm}^2$$

- b. Menghitung Gaya Geser pada *Joint*

$$a = \frac{\gamma_{rd} \times As \times f_y}{0,85 \times f'c \times bw}$$

$$M_{prb} = \gamma_{rd} \times As \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Perhitungan M_{prb} balok di sebelah kanan *joint*,

$$a_2 = 124,739 \text{ mm}$$

$$M_{prb2} = 834,427 \text{ kN.m}$$

Sehingga didapat Me (momen pada kolom),

$$Me = 0,5 (834,427) = 417,2137 \text{ kN.m}$$

Menghitung nilai V_c

$$ln = l_{kolom} - h_{balok} = 3,5 - 0,7 = 2,8 \text{ m}$$

$$V_c = \frac{2 \times Me}{ln} = 298,009 \text{ kN}$$

Menghitung nilai V_w

$$ln \text{ balok} = l_{balok} - b_{kolom} = 6,5 \text{ m}$$

$$V_w = \frac{M_{prb1}}{ln \text{ balok}} = \frac{834,427}{6,5} = 128,37 \text{ kN}$$

- c. Menentukan Nilai Gaya Geser Horizontal dan Vertikal
Perhitungan gaya geser sesuai dengan pasal

- Gaya geser horizontal

$$V_{jh} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s2}) f_{yd} \right] - V_c$$

$$V_{jh} = 1,2 \left[\frac{2}{3} (2945,243) 365,2 \right] - 298$$

$$= 562,513 \text{ kN}$$

- Gaya geser vertikal

$$V_{jv} = \gamma_{rd} \left[\frac{2}{3} (A_{s3} + A_{s4}) f_{yd} \right] - V_w + \frac{N_c}{2}$$

$$= 1,2 \left[\frac{2}{3} (2 \times 3436,117) 365,2 \right] - 128,37 + \frac{7146,56}{2}$$

$$= 5452,79 \text{ kN}$$

- d. Menghitung Penulangan Senggang Horizontal dan Vertikal

$$h_{jc} = b_{kolom} - 2 \times \text{Decking} - 2 \times D_{senggang} - D_{longitudinal}$$

(Jarak antar tulangan kolom)

$$= 1000 - 2 \times 50 - 2 \times 16 - 25$$

$$= 843 \text{ mm}$$

$$h_{jw} = D - D' \text{ (Jarak antar tulangan balok)}$$

$$= 624,5 - 75,5 = 549 \text{ mm}$$

$$V_d = \frac{N_c}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{7146560}{1000 \times 1000 \times 23,33} = 0,306 \text{ N/mm}^2$$

- Perhitungan senggang horizontal

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{rd} (A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8 v_d)$$

$$A_{sh} f_{ywd} \geq 1,2 (2945,24) 365,2 (1 - 0,8 \cdot 0,306)$$

$$A_{sh} \geq 2668,302 \text{ mm}^2$$

Maka penulangan senggang horizontal yang dibutuhkan adalah 2668,302 mm²

- Perhitungan senggang vertikal

$$A_{sv} \geq \frac{2}{3} A_{sh} \frac{h_{jc}}{h_{jw}}$$

$$A_{sv} \geq \frac{2}{3} 2668,302 \frac{843}{549} = 2731,486 \text{ mm}^2$$

Maka penulangan sengkang vertikal yang dibutuhkan adalah 1778,868 mm²

- e. Cek Gaya Geser pada Joint

$$V_{jh} \leq 15 \tau_{rd} b_j h_c$$

$$562,51 \text{ kN} \leq 5055,69 \text{ kN} \quad (\text{OK !})$$

dan,

$$V_{jh} \leq 0,8 \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc} \quad (\text{EN 1998:2004, 5.5.3.3.b})$$

$$\eta = 0,6 \left(1 - \frac{f'c}{250} \right) = 0,516$$

maka,

$$562,51 \text{ kN} \leq 4658,8685 \text{ kN} \quad (\text{OK !})$$

BAB VIII

HASIL ANALISIS

8.1. Penulangan Geser

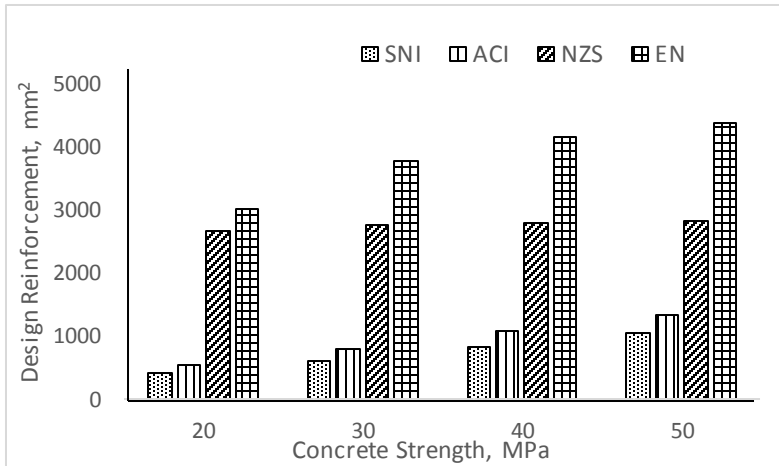
Pada sub bab ini akan dibahas mengenai hasil perhitungan hubungan balok kolom dari empat peraturan yang telah ditinjau kemudian dibandingkan dengan memakai variabel kontrol yaitu kuat tekan beton (f'_c).

8.1.1. Penulangan Geser Horizontal

8.1.1.1. Penulangan Geser di Interior

Dapat dilihat bahwa penulangan geser horizontal pada peraturan EN memiliki jumlah luasan tulangan terbesar dibandingkan dengan tiga peraturan lainnya, hal ini dikarenakan parameter yang terdapat di EN, dipengaruhi oleh nilai γ_{rd} dan V_d yang mana γ_{rd} merupakan nilai kuat lebih tarik tulangan sebesar 1,2 dan V_d adalah gaya aksial pada kolom di atas *joint*. Untuk peraturan New Zealand sendiri mempunyai nilai yang dibatasi $0,85 \leq \frac{6V^*_{jh}}{f'_c b_j h_c} \leq 1,2$. Dari batasan persamaan tersebut, apabila nilai mutu beton dijadikan sebagai variabel kontrol, maka hanya sebatas rentang 0,85 – 1,2, sehingga dapat dibayangkan ketika dibuat grafik dengan mutu yang semakin naik, luasan yang dibutuhkan untuk penulangan akan mencapai nilai batas bawahnya dan jumlah luasan tulangan yang dibutuhkan akan bersifat konstan, sedangkan untuk ACI dan SNI dipengaruhi oleh parameter jarak antara

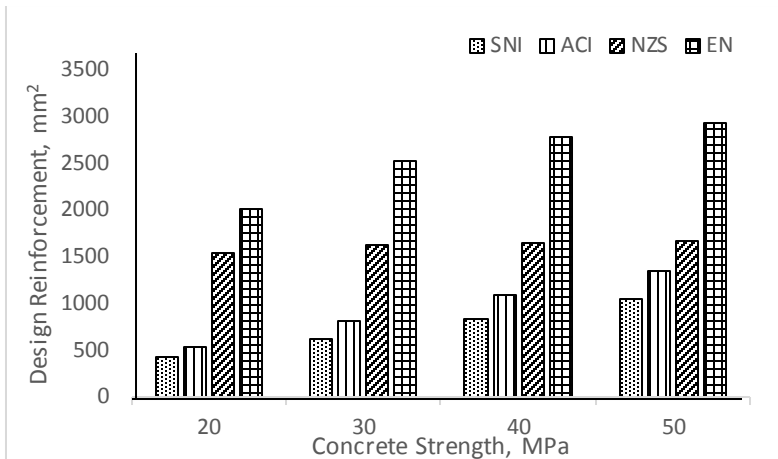
tulangan utama atau sengkang. Desain penulangan geser, A_{jh} , pada berbagai peraturan ditampilkan pada Gambar 8.1



Gambar 8.1 Hasil Penulangan Geser Horizontal Interior

8.1.1.2. Penulangan Geser di Eksterior

Penulangan geser untuk peraturan Eurocode dan New Zealand mempunyai kebutuhan nilai gaya geser yang berbeda-beda, sehingga parameter yang ditinjau juga dilihat dari kebutuhan gaya geser pada peraturan itu sendiri, sedangkan untuk ACI dan SNI dipengaruhi oleh parameter jarak antara tulangan utama atau sengkang.

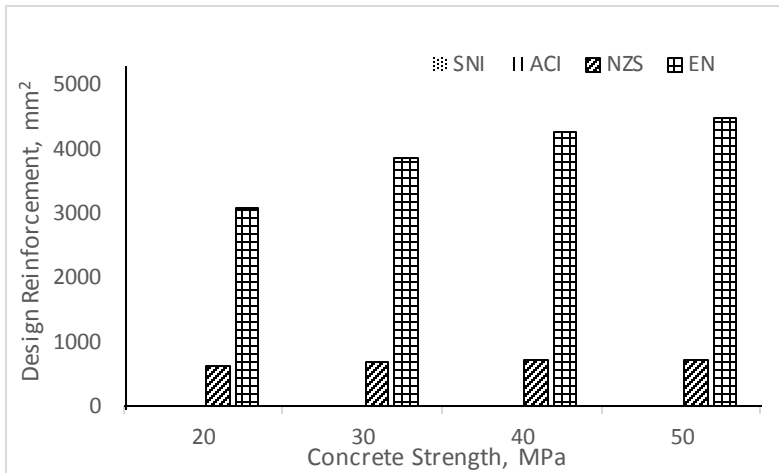


Gambar 8.2 Hasil Penulangan Geser Horizontal Eksterior

8.1.2. Penulangan Geser Vertikal

8.1.2.1. Penulangan Geser di Interior

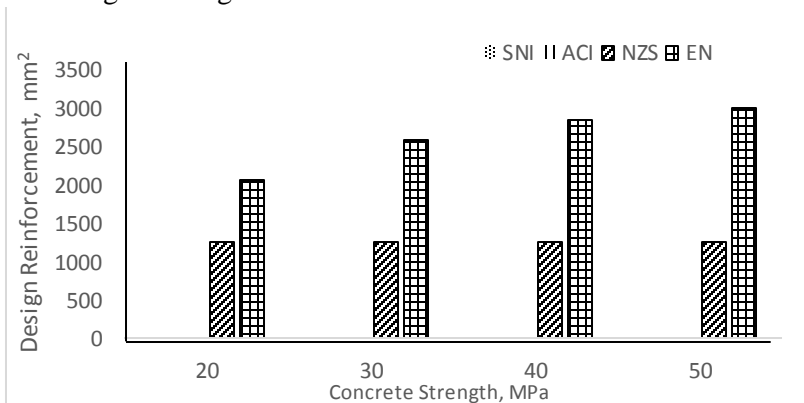
Untuk peraturan SNI dan ACI sendiri tidak mengatu kebutuhan penulangan geser vertikal. Pada peraturan Eurocode, nilai penulangan geser vertikal ditentukan oleh $2/3$ dari total luasan tulangan yang dibutuhkan untuk penulangan geser horizontal dikalikan dengan faktor jarak antar tulangan kolom dibagi dengan jarak antar tulangan balok. Sedangkan untuk New Zealand terdapat parameter α_v yang mempengaruhi luas tulangan yang dibutuhkan, dimana α_v merupakan factor untuk menentukan nilai nominal gaya geser vertikal yang bekerja di sambungan akibat gaya tekan diagonal dan mekanisme strut.



Gambar 8.3 Hasil Penulangan Geser Vertikal Interior

8.1.2.2. Penulangan Geser di Eksterior

Perhitungan geser di eksterior sama halnya dengan perhitungan di interior. Pada penulangan vertikal ini, dapat dilihat Eurocode membutuhkan luasan tulangan lebih banyak dibandingkan dengan New Zealand.

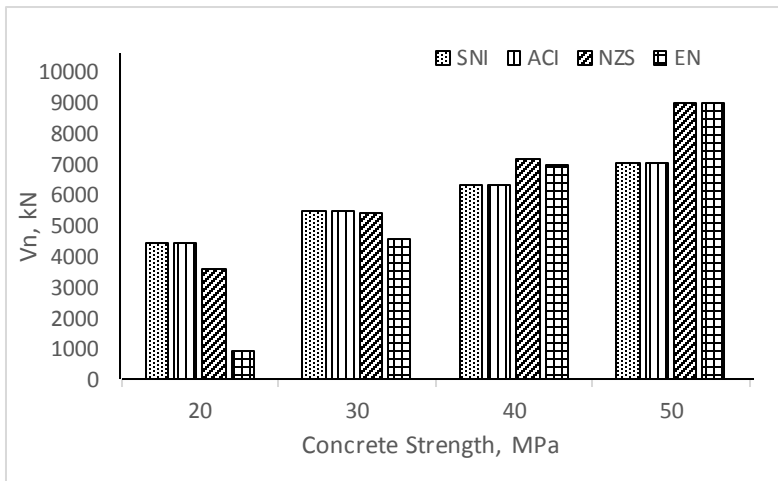


Gambar 8.4 Hasil Penulangan Geser Vertikal Eksterior

8.2. Gaya Geser Nominal

8.2.1. Gaya Geser Nominal di Interior

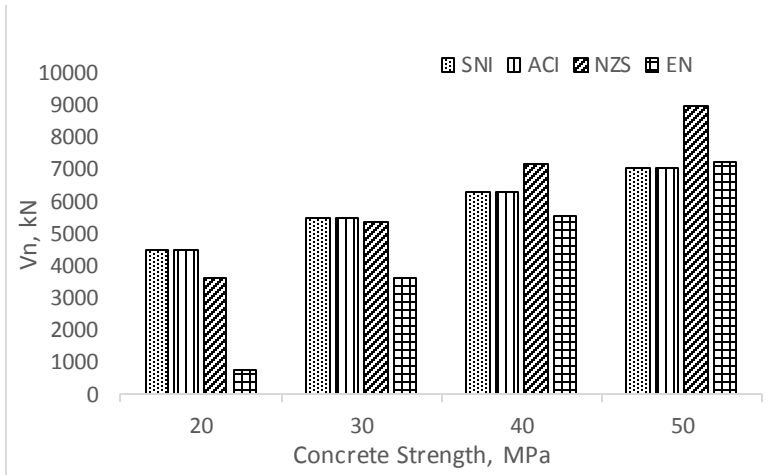
Pada peraturan SNI serta ACI, besar nilai gaya geser nominal dipengaruhi oleh berapa jumlah balok yang mengekang di kolom, untuk terkekang keempat sisi maka diambil nilai 1,7 ,untuk terkekang 2 sisi yang berlawanan atau 3 sisi yang berdekatan diambil nilai 1,2 ,dan untuk kasus lainnya diambil 1. Pada peraturan Eurocode dipengaruhi oleh faktor reduksi yaitu $\eta = 0,6 \left(1 - \frac{f'c}{250}\right)$, yang menunjukkan reduksi pada nilai kuat tekan beton sehubungan dengan regangan tarik pada arah melintang. Sedangkan untuk New Zealand dibatasi mempertimbangkan kontribusi dari strut dan mekanisme truss terlepas dari pengekangan oleh balok yang mengekang



Gambar 8.5 Hasi Gaya Geser Nominal di Interior

8.2.2. Gaya Geser Nominal di Eksterior

Untuk gaya geser nominal di eksterior, SNI, ACI, serta New Zealand berlaku sama dengan nilai yang terdapat pada interior, hanya saja untuk nilai pada Eurocode dikurangi sebesar 20 persen dan diatur dalam EN 1998-1:2003



Gambar 8.6 Hasil Gaya Geser Nominal di Eksterior

BAB IX

KESIMPULAN

9.1. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Studi Hubungan Balok Kolom dengan Peraturan SNI 2846:2013, ACI 318M:14, NZS 3101.1:2006, dan EN 1992:2004 ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Perencanaan Gedung The Arundaya di daerah Surabaya memiliki dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur utama ialah sebagai berikut :

Struktur Sekunder:

- Balok anak : 30/55 cm
- Balok bordes : 20/30 cm
- Tebal pelat : 12 cm
- Tebal Dinding geser : 50 cm

Struktur Utama:

- Balok induk
 - B1, B2, B4, B5 dan B6 : 40/70 cm
 - B3 : 50/75 cm
 - Kolom
 - Kolom Basement – lt.4 : 100/100 cm
 - Kolom lt.5 – lt. atap : 80/80 cm
2. Didapat penulangan geser horizontal di interior :
 - $SNI = 1005,31 \text{ mm}^2$
 - $ACI = 1206,37 \text{ mm}^2$
 - $NZS = 2779,8 \text{ mm}^2$
 - $Eurocode = 4002,45 \text{ mm}^2$.
 3. Didapat penulangan geser horizontal di eksterior:
 - $SNI = 1005,31 \text{ mm}^2$, untuk
 - $ACI = 1206,37 \text{ mm}^2$

- $NZS = 1633,3 \text{ mm}^2$
 - Eurocode = $2668,3 \text{ mm}^2$.
4. Didapat penulangan geser vertikal di interior:
 - $NZS = 1873,7 \text{ mm}^2$
 - Eurocode = $4097,23 \text{ mm}^2$.
 5. Didapat penulangan geser vertikal di eksterior:
 - $NZS = 1257,3 \text{ mm}^2$
 - Eurocode = $2731,486 \text{ mm}^2$.
 6. Didapat gaya geser nominal di interior:
 - $SNI = 5916,079 \text{ kN}$
 - $ACI = 5916,079 \text{ kN}$
 - $NZS = 6300 \text{ kN}$
 - Eurocode = $5823,585 \text{ kN}$
 7. Didapat gaya geser nominal di eksterior:
 - $SNI = 5916,079 \text{ kN}$
 - $ACI = 5916,079 \text{ kN}$
 - $NZS = 6300 \text{ kN}$
 - Eurocode = $4658,868 \text{ kN}$
 8. Analisa struktur Gedung The Arundaya menggunakan program bantu ETABS. Perhitungan respon spectrum dibantu oleh website *puskim.go.id*, dengan wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726:2012.
 9. Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727:2013. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan peraturan di atas.
 10. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung The Arundaya akan dituangkan pada gambar teknik pada lampiran.

9.2.Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir adalah perlu lebih banyak membaca literatur lagi dalam merencanakan sambungan balok kolom dengan peraturan luar dikarenakan terbatasnya pembahasan mengenai sambungan balok kolom.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318. (2014). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14)*. ACI 318M-14.
- Beckett, D., & Alexandrou, A. (2017). *INTRODUCTION TO EUROCODE 2 Design of concrete structures (including seismic actions)*. British: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan gedung SNI 03-2847-2013*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia
- Bonacci, J. F., & Leon, R. T. (2004). Recommendations for Design of Beam-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures. *Concrete*, 109, 1–37.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991). *SK SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- EN 1992-1-1, (2004) (English): *Eurocode 2 : Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]*.
- EN 1998-1, (2004) (English): *Eurocode 8 : Design of Structures for Earthquake Resistance – Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]*.
- Hwang, S., Lee, H., & Wang, K. (2004). Seismic Design and Detailing of Exterior Reinforced Concrete Beam-Column Joints. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, (397), 1–12.

- Kristianto, A., & Imran, I. (2013). Studi perbandingan persyaratan luas tulangan pengekang kolom persegi pada beberapa peraturan dan usulan penelitian (166s), 2(1), 24–26.
- Nawy, G. Edward. 1998. *Beton Bertulang: suatu pendekatan dasar*. Diterjemahkan oleh: Suryoatmono, Bambang. Bandung : Refika Aditama.
- NZS 3101.1&2 (2006) (English): *Concrete structures standard - Commentary [By Authority of Development Sponsored By the Earthquake Commission (EQC) and Department of Building and Housing (DBH)]*. (2006) (Vol. 2).
- Park, I. (1975). *Reinforced Concrete Structures*, John Willy Inc. Amerika.
- Purwanto, Edy. (2013). *Kinerja Hubungan Balok Kolom Beton Bertulang Dengan Pembebanan Statik*. Jurnal Matrik Teknik Sipil, Universitas Negeri Surakarta
- Ristanto, E., Suyadi, S., & Irianti, L. (2016). Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI 2847-2013 dan ACI 352R-2002 pada Hotel Serela Lampung. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 3(3), 521–540.
- Setiawan, A. (2012). Proyek Pembangunan Gedung Dprd-Balai Kota, 711–717.
- Sudarmoko. (1996). *Perencanaan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*. Biro Penerbit. Yogyakarta.
- Uma, S. R., & Jain, S. K. (2006). Seismic design of beam-column joints in RC moment resisting frames - Review of codes. *Structural Engineering and Mechanics*, 23(5), 579–597.
- Wang et. al, Chu Kia. (1993). *Reinforcement Concrete Design*. PT Glora Aksara Pratama. Jakarta
- Widyawati, Ratna. (2009). *Keruntuhan Lentur Balok Pada Struktur Balok Kolom Beton Bertulang Eksterior Akibat Beban Siklik*, Jurnal Rekayasa Vol. 13 No. 3, Universitas Lampung, Lampung
- Wight, J.K. and MacGregor, J.G. (2012). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 1
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.553	1.534	100.00	60.09	60.54	1.613	1.007	1.613	1.11	0.970	4.05E-03
-15.00	2.519	1.326	100.00	52.64	57.01	1.653	1.083	1.653	*	*	*
-21.50	2.642	0.893	100.00	33.80	47.17	1.867	1.396	1.867	*	*	*
-30.00	2.586	0.801	100.00	30.97	44.48	1.881	1.436	1.881	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.54	90.46	62.83	30.25	32.58	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	8.16	91.84	61.49	31.42	30.07	*	*	0.19	0	*	*	*	*	*
-21.50	0.00	65.14	34.86	51.44	27.65	23.79	*	*	3.29	0	*	*	*	*	*
-30.00	10.43	31.81	57.76	48.16	29.52	18.64	*	*	2.51	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIENT : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 2
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.553	1.403	100.00	54.95	58.39	1.646	1.062	1.646	1.13	1.021	4.90E-03
-15.00	2.519	1.397	100.00	55.46	58.28	1.634	1.051	1.634	*	*	*
-21.50	2.642	0.894	100.00	33.84	47.20	1.867	1.395	1.867	*	*	*
-30.00	2.586	0.751	100.00	29.04	42.89	1.906	1.477	1.906	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	18.45	81.55	65.98	29.46	36.52	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	15.34	84.66	60.35	30.52	29.83	*	*	0.21	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.12	13.77	74.11	54.13	26.54	27.59	*	*	3.12	0	*	*	*	*	*
-30.00	15.64	15.43	68.93	52.45	30.86	21.59	*	*	3.65	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 3
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.625	1.507	100.00	57.41	60.11	1.648	1.047	1.648	1.08	0.854	2.60E-03
-15.00	2.641	1.194	100.00	45.21	54.42	1.748	1.204	1.748	*	*	*
-21.50	2.687	0.856	100.00	31.86	46.12	1.909	1.448	1.909	*	*	*
-30.00	2.585	0.725	100.00	28.05	42.03	1.919	1.499	1.919	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.53	90.47	69.78	28.46	41.32	*	*	*	0	*	*	*	0.07	*
-15.00	0.00	10.18	89.82	68.41	31.01	37.40	*	*	1.08	0	*	*	*	*	*
-21.50	0.00	11.49	88.51	55.29	28.77	26.52	*	*	1.49	0	*	*	*	*	*
-30.00	12.37	23.54	64.09	46.24	31.95	14.29	*	*	2.97	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 4
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.537	1.499	100.00	59.09	59.98	1.615	1.015	1.615	1.09	0.906	3.25E-03
-15.00	2.652	1.205	100.00	45.44	54.65	1.749	1.203	1.749	*	*	*
-21.50	2.676	0.826	100.00	30.87	45.24	1.918	1.465	1.918	*	*	*
-30.00	2.615	0.811	100.00	31.01	44.78	1.892	1.444	1.892	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.24	90.76	65.84	30.81	35.03	*	*	*	0	*	*	*	0.06	*
-15.00	0.00	10.53	89.47	59.77	29.39	30.38	*	*	1.49	0	*	*	*	*	*
-21.50	15.94	29.44	54.62	56.27	31.47	24.80	*	*	2.21	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	31.75	68.25	61.44	30.05	31.39	*	*	2.37	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 5
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.637	1.567	100.00	59.42	61.04	1.638	1.027	1.638	1.07	0.841	5.20E-03
-15.00	2.597	1.197	100.00	46.09	54.48	1.727	1.182	1.727	*	*	*
-21.50	2.615	0.879	100.00	33.61	46.78	1.859	1.392	1.859	*	*	*
-30.00	2.729	0.772	100.00	28.29	43.57	1.976	1.540	1.976	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	11.09	88.91	63.45	28.65	34.80	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	32.77	67.23	53.28	30.75	22.53	*	*	1.53	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.35	30.87	56.78	42.87	29.68	13.19	*	*	2.61	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	29.45	70.55	59.37	31.25	28.12	*	*	2.55	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

Telp./Fax: 031 592 8601, email : tanah.its@gmail.com

TABEL
DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA SONDIR DIAMETER = 40 CM

PROYEK : Perencanaan Pembangunan Apartemen

KLIEN : PT. KOPPELAND

TITIK : S-1

LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya

KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0..8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P _{ijin} satu tiang (ton) $P_{ijin} = (b+e)/3$
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	5.00	8,120.07	7,696.26	3,318.57	11,014.83	6.38
5.00	6.00	6,893.74	7,696.26	7,018.16	14,714.42	7.20
6.00	4.00	6,014.57	7,696.26	11,409.25	19,105.51	8.37
7.00	4.00	5,722.88	7,696.26	14,741.18	22,437.44	9.39
8.00	4.00	5,472.27	7,696.26	17,867.37	25,563.63	10.35
9.00	3.00	5,170.31	7,696.26	18,973.65	26,669.92	10.61
10.00	4.00	5,519.51	7,696.26	20,381.65	28,077.92	11.20
11.00	5.00	6,045.38	7,696.26	21,588.51	29,284.77	11.78
12.00	6.00	7,214.19	7,696.26	23,197.65	30,893.92	12.70
13.00	8.00	9,054.72	7,696.26	24,907.37	32,603.63	13.89
14.00	10.00	19,993.09	7,696.26	26,918.80	34,615.06	18.20
15.00	15.00	47,434.55	7,696.26	29,030.80	36,727.06	28.05
16.00	85.00	72,348.88	7,696.26	38,283.37	45,979.63	39.44
17.00	100.00	92,954.62	7,696.26	49,647.94	57,344.20	50.10
18.00	104.00	106,401.81	7,696.26	61,213.65	68,909.92	58.44
19.00	115.00	104,362.03	7,696.26	73,583.94	81,280.20	61.88
19.20	166.67	119,640.83	7,696.26	75,092.51	82,788.77	67.48



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

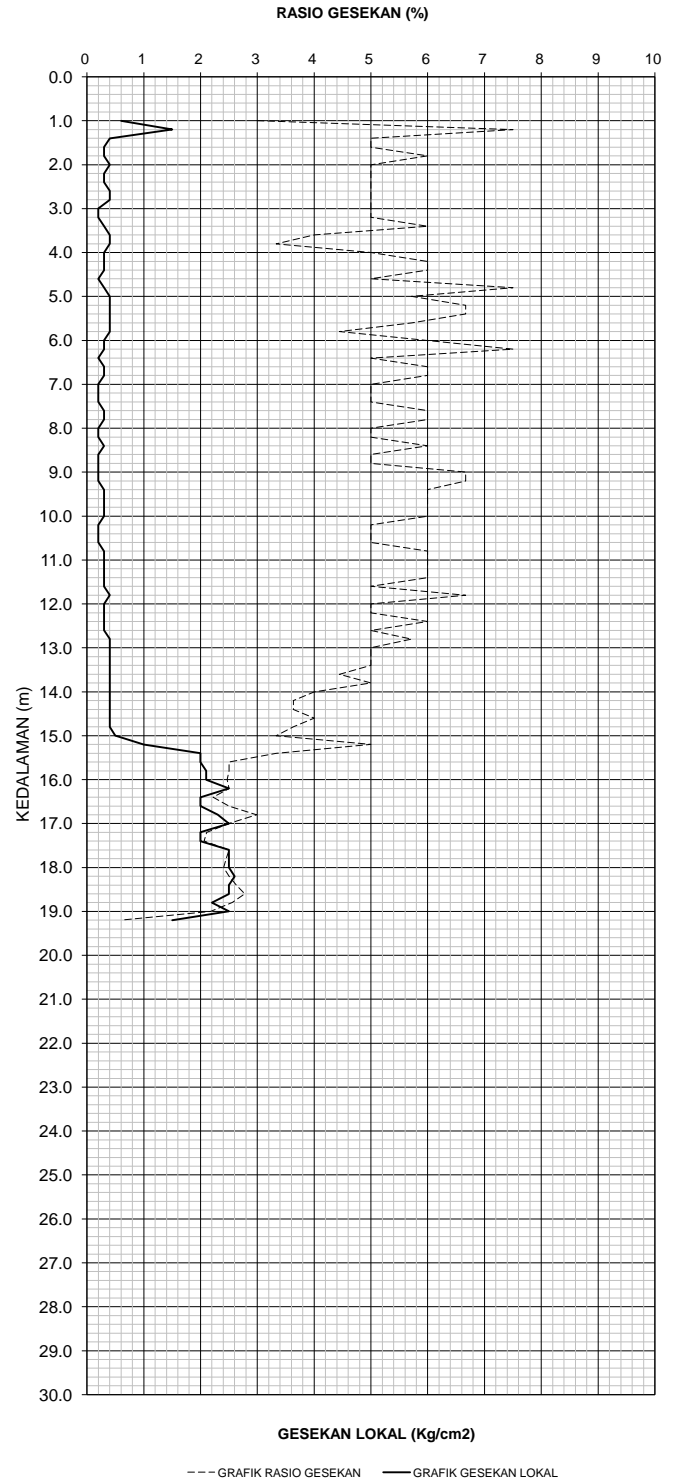
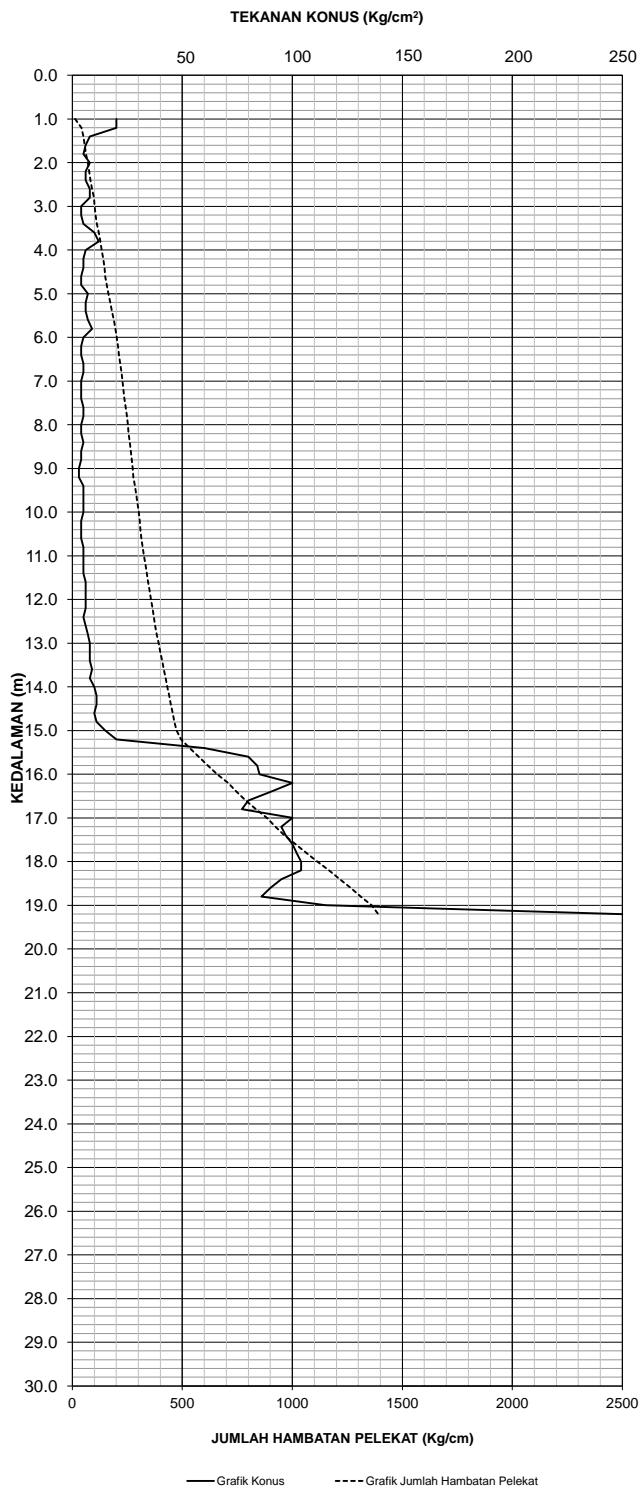
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

TITIK : S-1
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
ELEVASI : $\pm 0,00$ (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 18-Aug-2016





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

Telp./Fax: 031 592 8601, email : tanah.its@gmail.com

TABEL
DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA SONDIR DIAMETER = 40 CM

PROYEK : Perencanaan Pembangunan Apartemen

KLIEN : PT. KOPPELLAND

TITIK : S-2

LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya

KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0..8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P _{ijin} satu tiang (ton) $P_{ijin} = (b+e)/3$
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	4.00	5,994.02	7,465.48	2,950.91	10,416.38	5.47
5.00	3.00	5,837.91	7,465.48	5,871.36	13,336.83	6.39
6.00	4.00	5,535.95	7,465.48	8,791.81	16,257.28	7.26
7.00	4.00	5,061.44	7,465.48	12,535.22	20,000.69	8.35
8.00	4.00	5,030.63	7,465.48	15,867.15	23,332.62	9.45
9.00	4.00	5,203.17	7,465.48	16,973.43	24,438.91	9.88
10.00	4.00	5,273.02	7,465.48	18,482.01	25,947.48	10.41
11.00	4.00	5,938.56	7,465.48	19,789.43	27,254.91	11.06
12.00	6.00	7,138.19	7,465.48	21,298.01	28,763.48	11.97
13.00	7.00	8,802.05	7,465.48	22,806.58	30,272.05	13.02
14.00	10.00	11,918.21	7,465.48	24,818.01	32,283.48	14.73
15.00	13.00	32,379.65	7,465.48	26,829.43	34,294.91	22.22
16.00	60.00	59,156.58	7,465.48	31,556.29	39,021.77	32.73
17.00	97.00	84,577.78	7,465.48	41,412.29	48,877.77	44.49
18.00	95.00	102,371.90	7,465.48	51,670.58	59,136.05	53.84
19.00	90.00	103,934.77	7,465.48	64,040.86	71,506.34	58.48
19.20	100.00	108,325.52	7,465.48	66,555.15	74,020.62	60.78
19.40	115.00	109,224.21	7,465.48	69,069.43	76,534.91	61.92
19.60	135.00	123,664.92	7,465.48	71,583.72	79,049.20	67.57
19.80	166.67	122,524.87	7,465.48	73,092.29	80,557.77	67.69



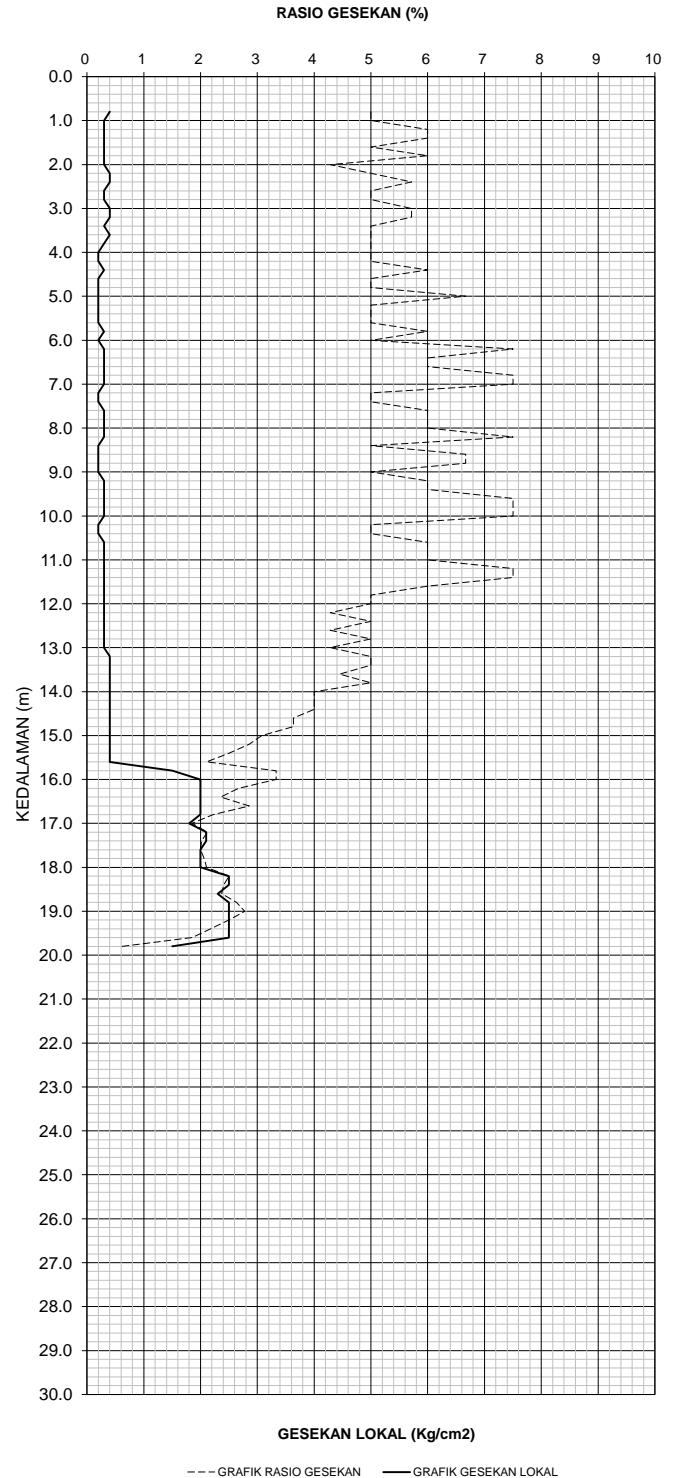
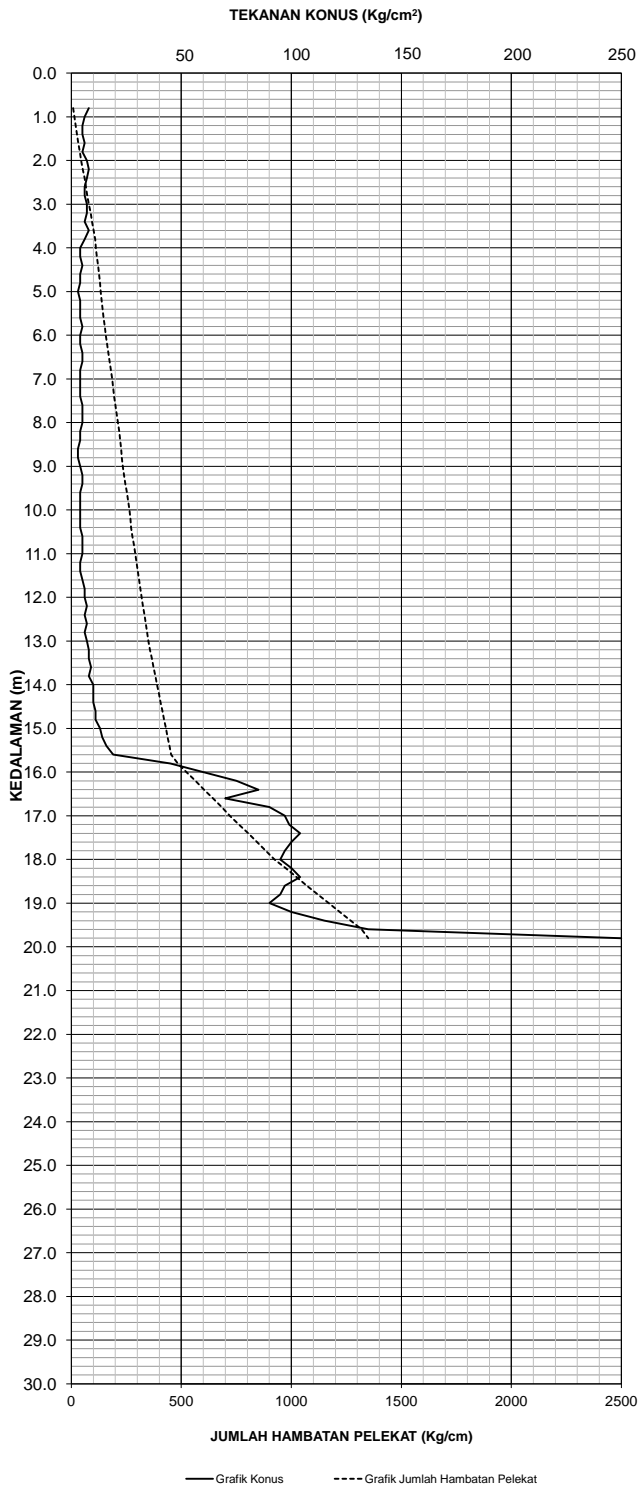
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,
Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

TITIK : S-2
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
ELEVASI : $\pm 0,00$ (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 19-Aug-2016





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

Telp./Fax: 031 592 8601, email : tanah.its@gmail.com

TABEL
DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA SONDIR DIAMETER = 40 CM

PROYEK : Perencanaan Pembangunan Apartemen

KLIEN : PT. KOPPELLAND

TITIK : S-3

LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya

KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0..8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P _{ijin} satu tiang (ton) $P_{ijin} = (b+e)/3$
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	4.00	6,811.58	5,383.33	2,171.77	7,555.09	4.79
5.00	6.00	6,041.27	5,383.33	6,195.20	11,578.52	5.87
6.00	3.00	5,476.38	5,383.33	9,321.39	14,704.71	6.73
7.00	5.00	5,796.83	5,383.33	12,241.84	17,625.16	7.81
8.00	4.00	5,151.82	5,383.33	15,162.29	20,545.61	8.57
9.00	3.00	4,775.91	5,383.33	16,168.00	21,551.33	8.78
10.00	4.00	5,127.17	5,383.33	16,972.57	22,355.90	9.16
11.00	4.00	5,094.30	5,383.33	18,380.57	23,763.90	9.62
12.00	5.00	5,620.17	5,383.33	19,486.86	24,870.18	10.16
13.00	6.00	21,837.72	5,383.33	20,794.29	26,177.61	16.01
14.00	20.00	52,331.65	5,383.33	23,006.86	28,390.18	26.91
15.00	94.00	76,455.65	5,383.33	32,460.57	37,843.90	38.10
16.00	105.00	93,817.88	5,383.33	42,517.72	47,901.04	47.24
17.00	80.00	98,987.68	5,383.33	51,569.14	56,952.47	51.98
18.00	75.00	107,090.29	5,383.33	61,525.72	66,909.04	58.00
19.00	85.00	98,372.11	5,383.33	74,097.14	79,480.47	59.28
19.20	90.00	98,130.75	5,383.33	76,611.43	81,994.76	60.04
19.40	95.00	95,403.86	5,383.33	79,125.72	84,509.04	59.97
19.60	115.00	115,164.83	5,383.33	81,640.00	87,023.33	67.40
19.80	166.67	113,983.69	5,383.33	83,148.57	88,531.90	67.51



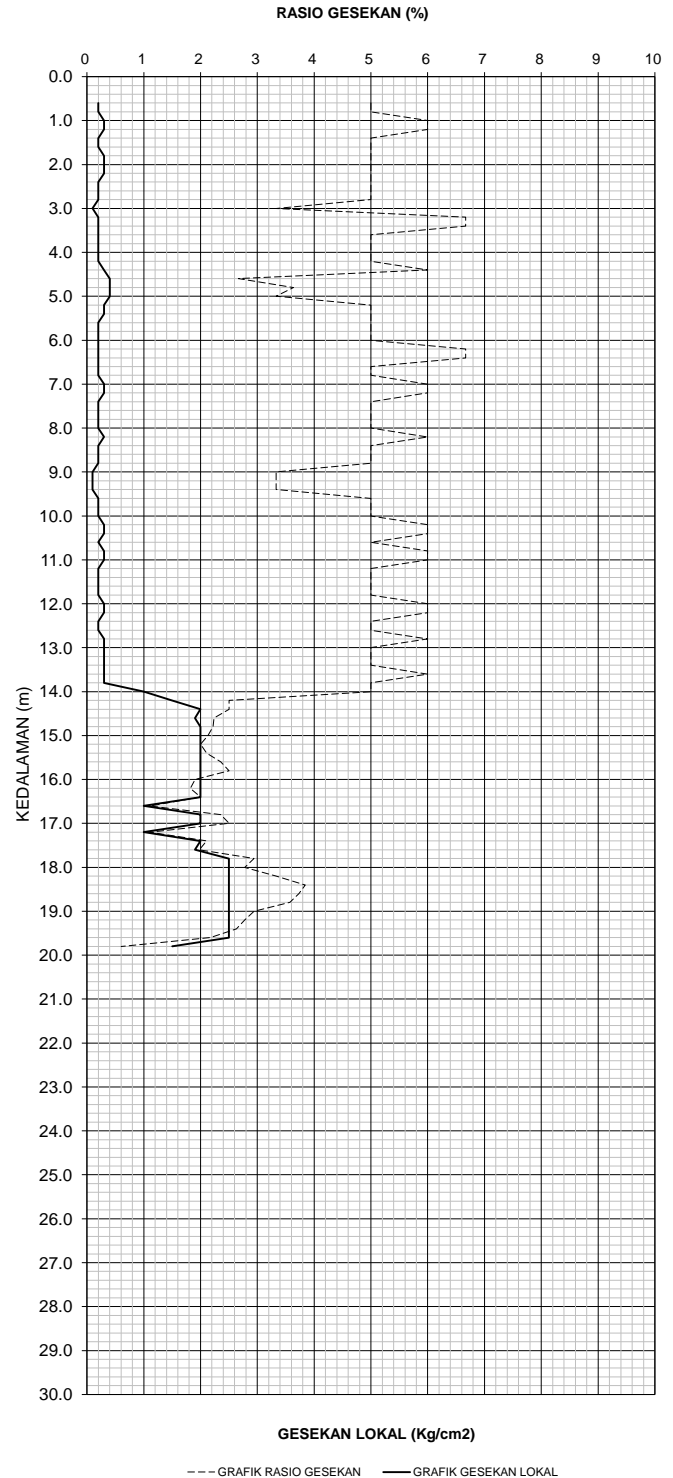
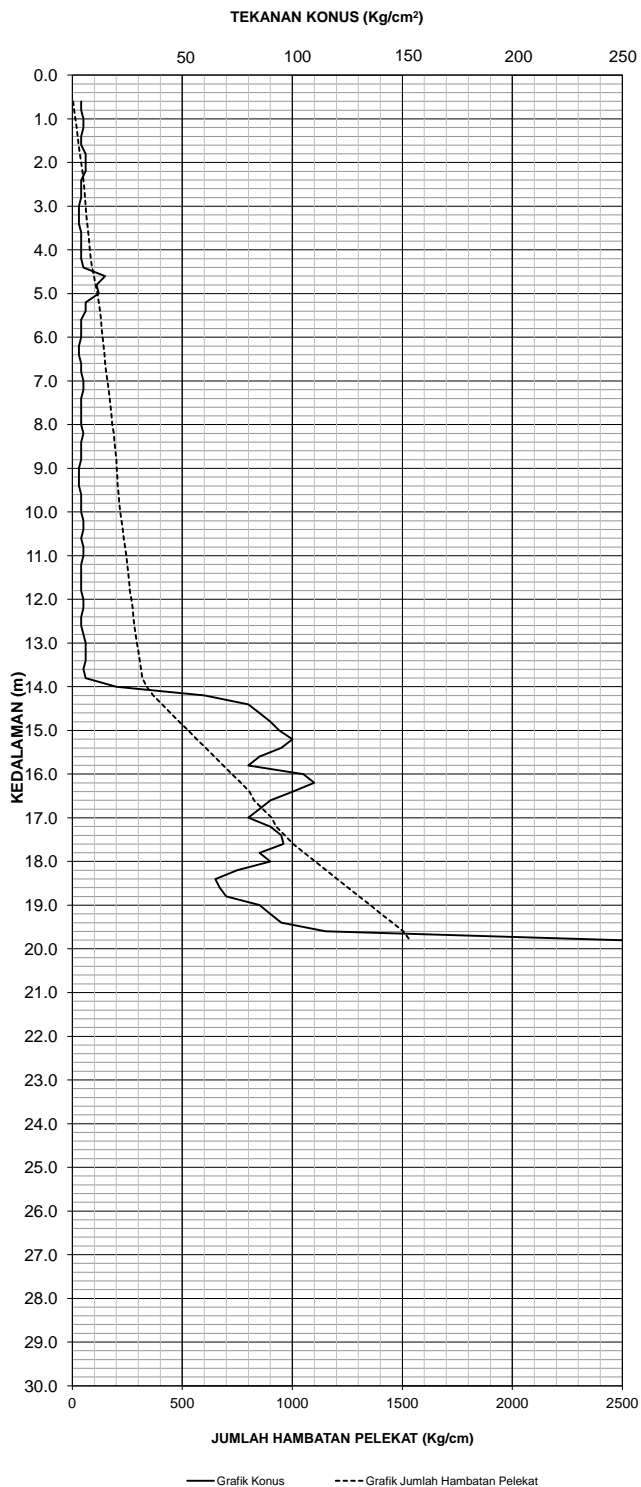
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,
Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

TITIK : S-3
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
ELEVASI : $\pm 0,00$ (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 19-Aug-2016





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

Telp./Fax: 031 592 8601, email : tanah.its@gmail.com

TABEL
DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASARKAN DATA SONDIR DIAMETER = 40 CM

PROYEK : Perencanaan Pembangunan Apartemen

KLIEN : PT. KOPPELLAND

TITIK : S-4

LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya

KEDA-LAMAN	Harga Konus minimum	Qp.= Qujung (kg)	Qs1 = Qs(0..8D) kg	Qs2 = Qs(8D..L) kg	$\Sigma Q_s = Qs1 + Qs2$ (Qs1+Qs2) kg	P _{ijin} satu tiang (ton) $P_{ijin} = (b+e)/3$
(m)	a	b	c	d	e	f
4.00	5.00	5,168.25	5,824.10	2,788.99	8,613.09	4.59
5.00	4.00	5,094.30	5,824.10	5,709.44	11,533.54	5.54
6.00	4.00	5,201.12	5,824.10	9,041.37	14,865.47	6.69
7.00	5.00	5,698.23	5,824.10	12,373.30	18,197.40	7.97
8.00	6.00	6,191.22	5,824.10	16,116.71	21,940.81	9.38
9.00	5.00	6,517.83	5,824.10	17,625.28	23,449.38	9.99
10.00	5.00	6,953.31	5,824.10	19,435.57	25,259.66	10.74
11.00	6.00	7,070.40	5,824.10	21,145.28	26,969.38	11.35
12.00	5.00	7,012.89	5,824.10	23,156.71	28,980.81	12.00
13.00	6.00	13,637.54	5,824.10	24,765.85	30,589.95	14.74
14.00	7.00	42,313.54	5,824.10	26,777.28	32,601.38	24.97
15.00	83.00	71,482.54	5,824.10	33,716.71	39,540.81	37.01
16.00	103.00	88,867.88	5,824.10	43,874.42	49,698.52	46.19
17.00	92.00	99,030.81	5,824.10	53,730.42	59,554.52	52.86
18.00	76.00	111,163.34	5,824.10	64,089.28	69,913.38	60.36
19.00	86.00	96,798.63	5,824.10	74,950.99	80,775.09	59.19
19.60	166.67	114,538.31	5,824.10	81,488.14	87,312.24	67.28



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

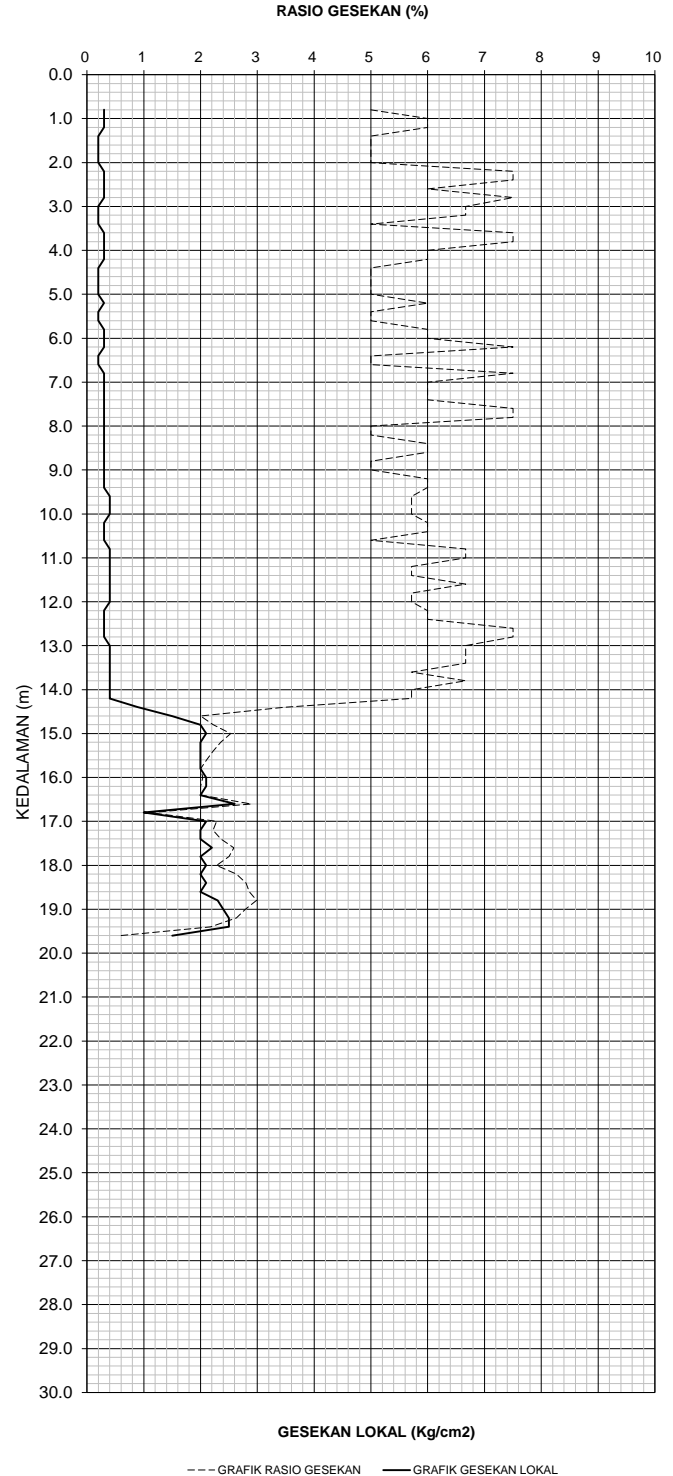
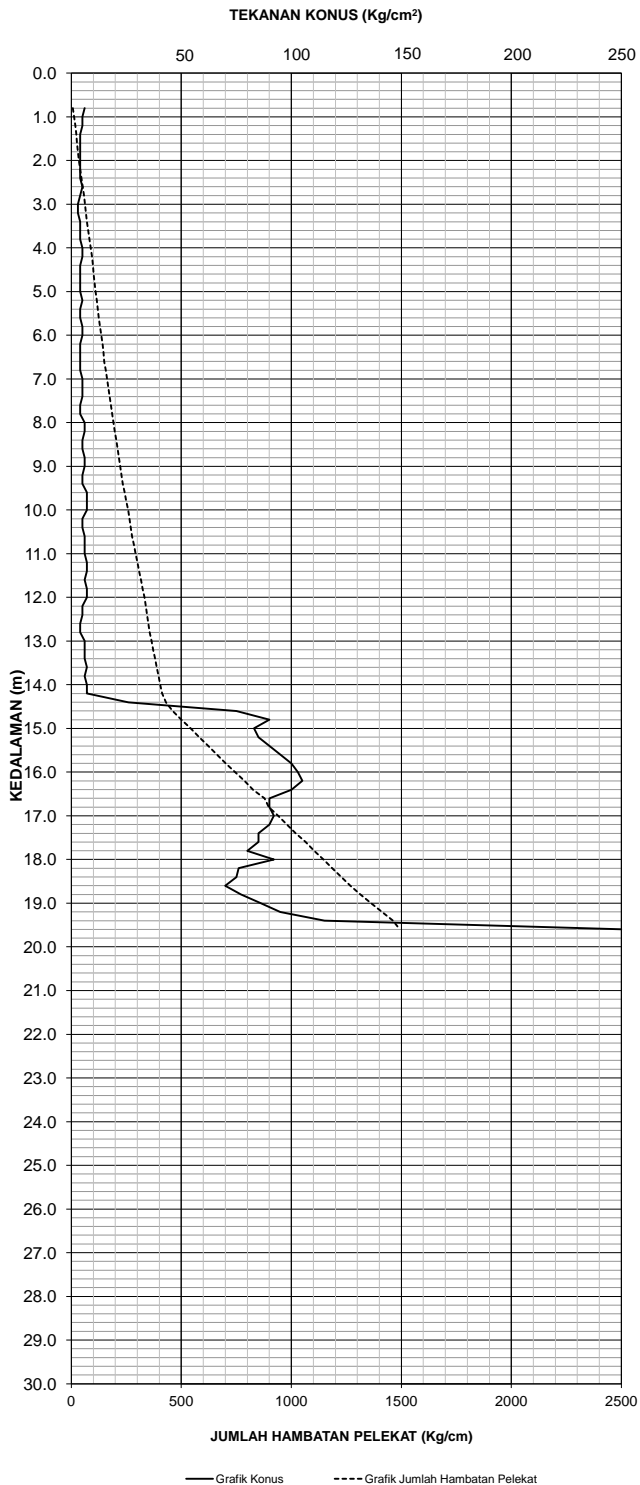
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 – 55, Psw. 1140,

GRAFIK SONDIR

TITIK : S-4
LOKASI : Jl. Kenjeran No.504, Hotel Puspa Asri,, Surabaya
ELEVASI : $\pm 0,00$ (dari muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Agus Cs
TANGGAL : 19-Aug-2016





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

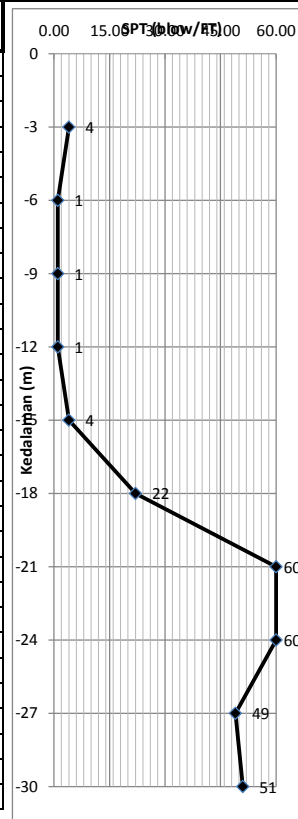
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 1

TANGGAL : 18 - 19 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ±0.00 m - MT
MAT : - 1,10 m

KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)			
0				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)
				15	15	15	
0		PASIR KERIKIL BERLANAU (KECOKLATAN)					
2		LEMPUNG LANAU BERPASIR BERKERIKIL (ABU ABU)		1	1	3	4
4		PASIR BERLANAU BERLEMPUNG (ABU ABU)		1/45			1
6							
8				1/45			1
10							
12		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
14							
16				1	2	2	4
18		LEMPUNG BERLANAU BERPASIR (ABU-ABU)					
20		LEMPUNG BERPASIR (COKLAT)		9	10	12	22
22				>60			60
24		PASIR LEMPUNG KOMPAK (COKLAT)		>60			60
26							
28		PASIR LEMPUNG BERKERIKIL KOMPAK (HITAM)		18	22	27	49
30				19	25	26	51





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

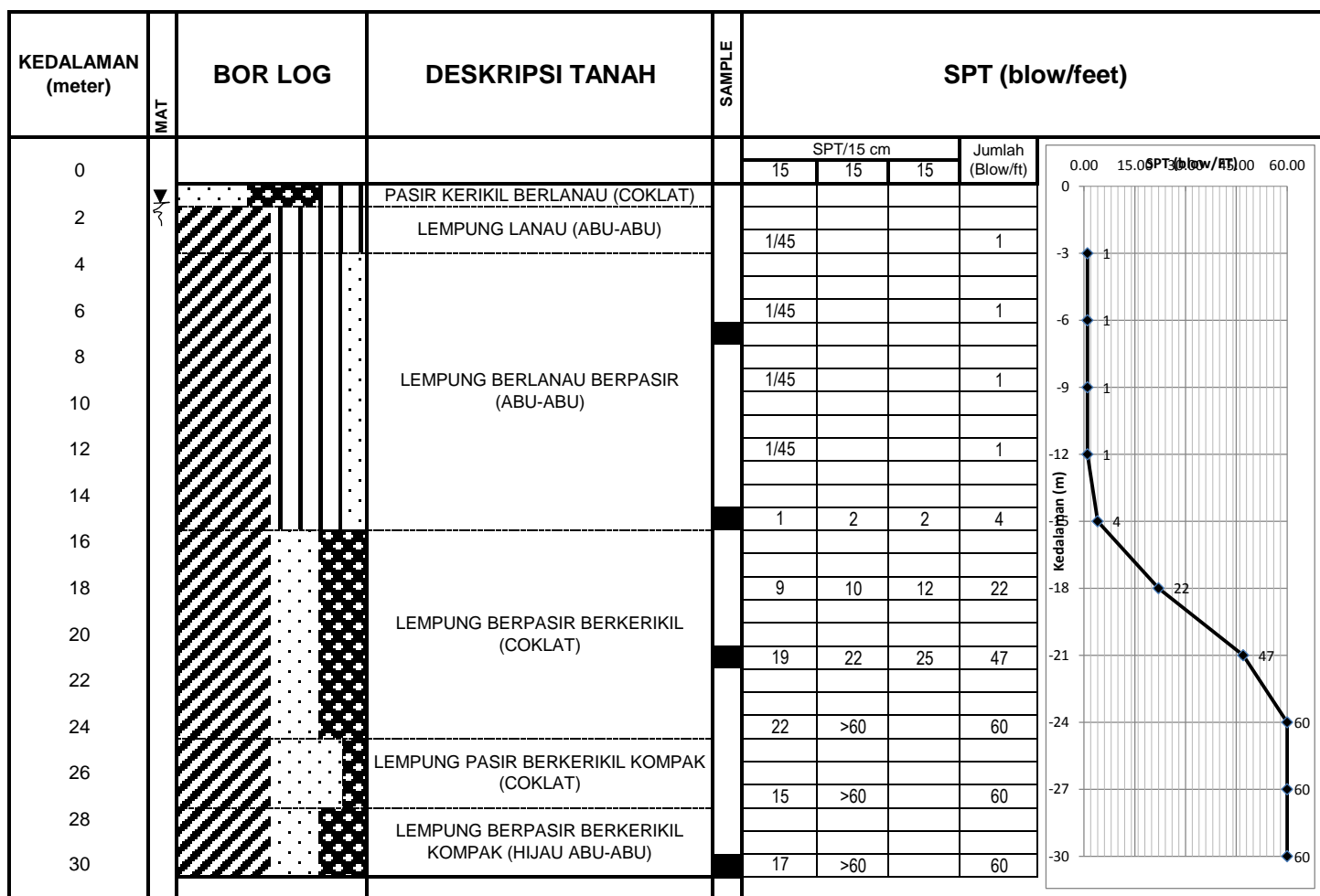
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 2

TANGGAL : 19 - 20 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ±0.00 m - MT
MAT : - 1,15 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

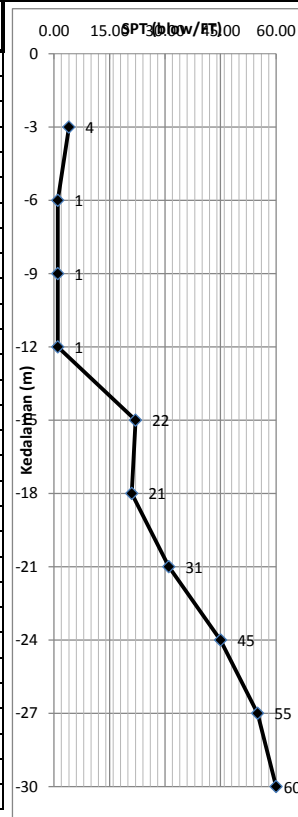
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 3

TANGGAL : 20 - 21 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,05 m

KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)			
				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)
				15	15	15	
0		PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)					
2				1	1	3	4
4							
6				1/45			1
8		LEMPUNG LANAU (ABU - ABU)					
10				1/45			1
12				1/45			1
14							
16		LEMPUNG BERLANAU BERKERIKIL (COKLAT)		9	10	12	22
18				8	10	11	21
20		LEMPUNG BERPASIR BERLANAU (COKLAT)					
22				12	17	14	31
24		PASIR BERLEMPUNG KOMPAK (COKLAT)		14	20	25	45
26		PASIR KERIKIL BATU BERLEMPUNG PASIR BERLEMPUNG (COKLAT)					
28		PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		22	25	30	55
30				>60			60





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT
:							

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 4

TANGGAL : 21 - 22 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,10 m

KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)				
				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)	
0				15	15	15		
2		PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)						
4				1/45			1	
6				1/45			1	
8		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1	
10				1/45			1	
12				1/45			1	
14								
16		LEMPUNG BERPASIR (COKLAT)		8	15	16	31	
18				10	16	17	33	
20		LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL (COKLAT)		17	21	25	46	
22								
24				>60			60	
26								
28				18	22	28	50	
30		LEMPUNG BERPASIR (ABU-ABU)		15	20	28	48	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

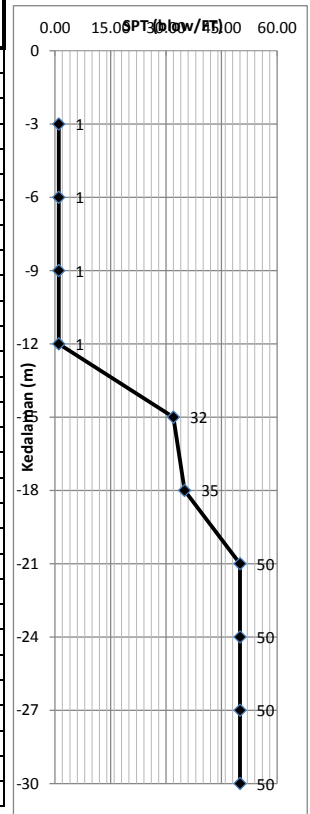
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

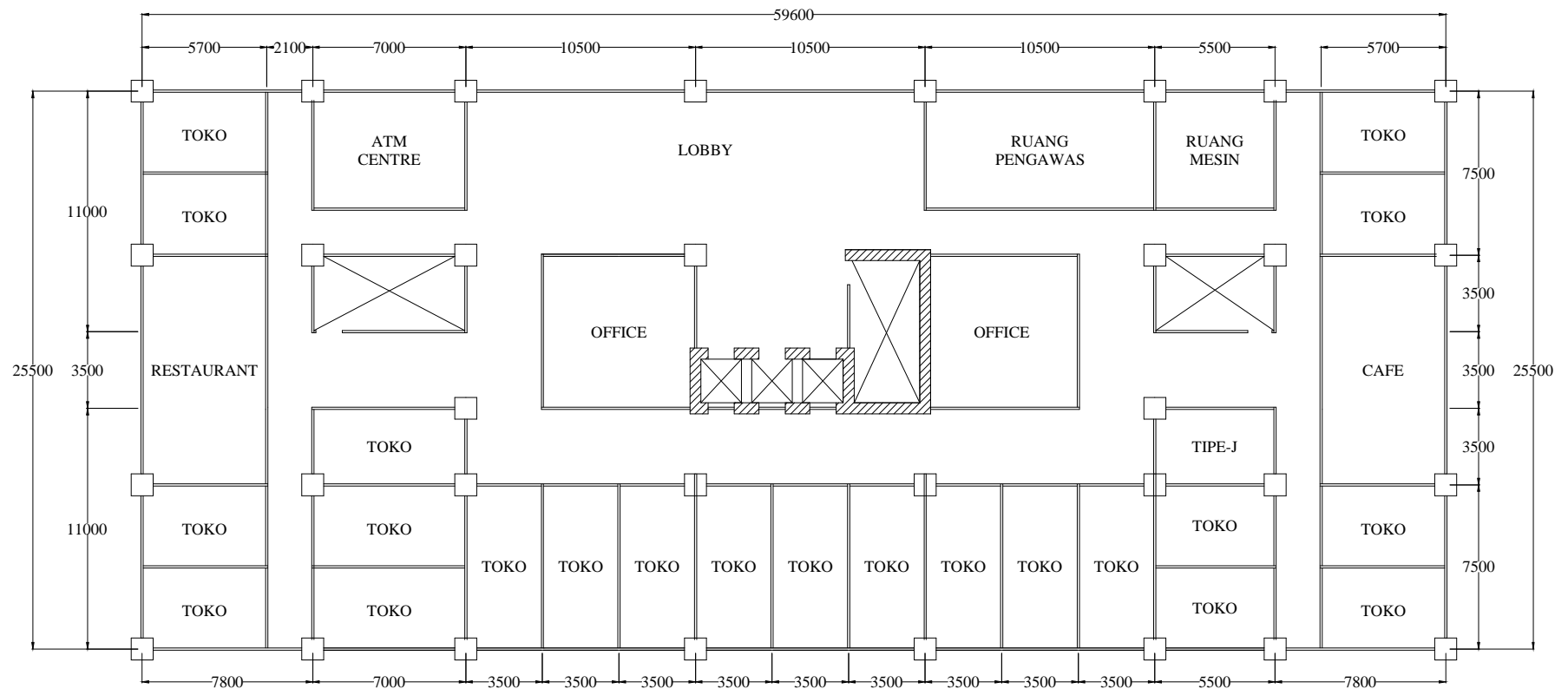
LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 5

TANGGAL : 22 - 23 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,0 m

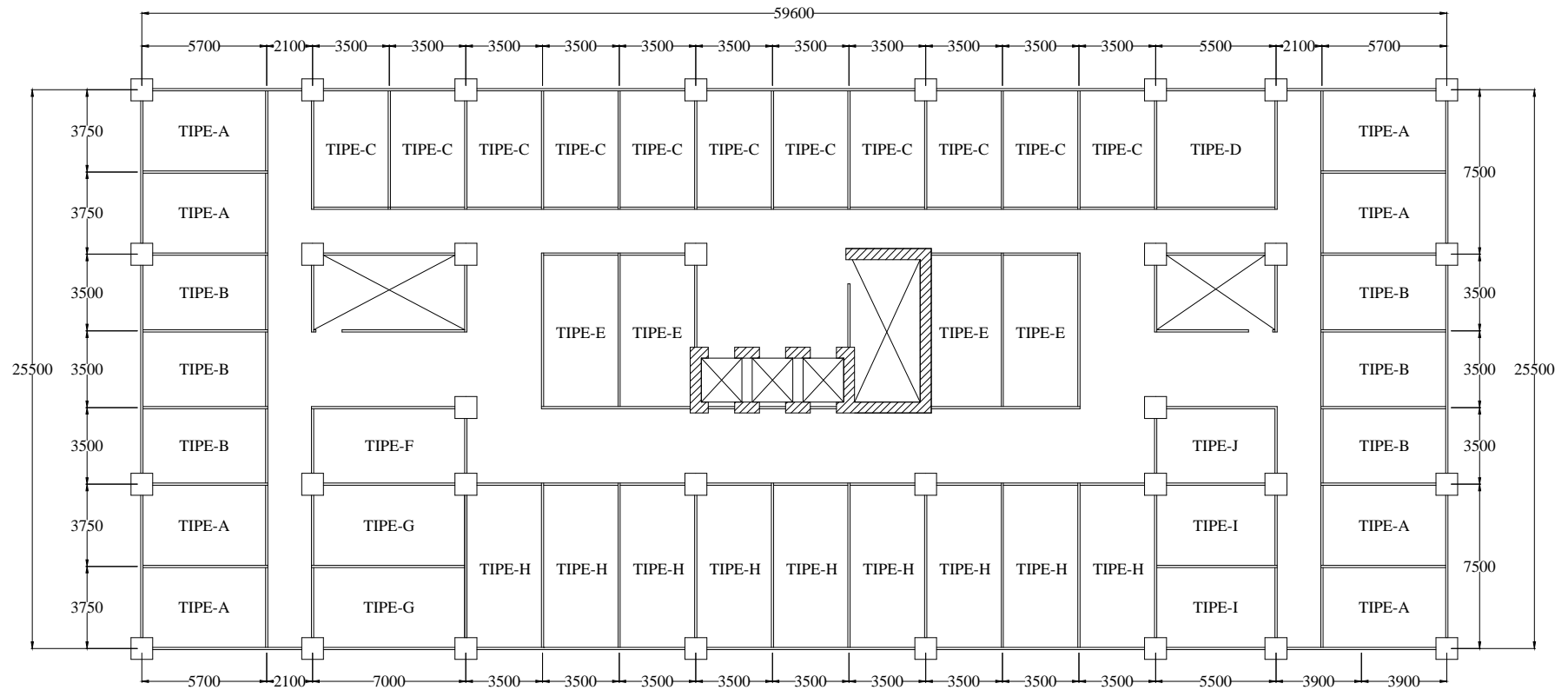
KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)			
				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)
				15	15	15	
0		PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)					
2		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
4		PASIR BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
6		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
8		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
10		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
12		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
14		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
16		LEMPUNG BERPASIR BERLANAU (COKLAT)		6	14	18	32
18		LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL (COKLAT)		9	16	19	35
20		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		21	25	28	50
22		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		>60			50
24		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		>60			50
26		PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50
28		PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50
30		LEMPUNG BERPASIR (ABU-ABU)		20	24	30	50





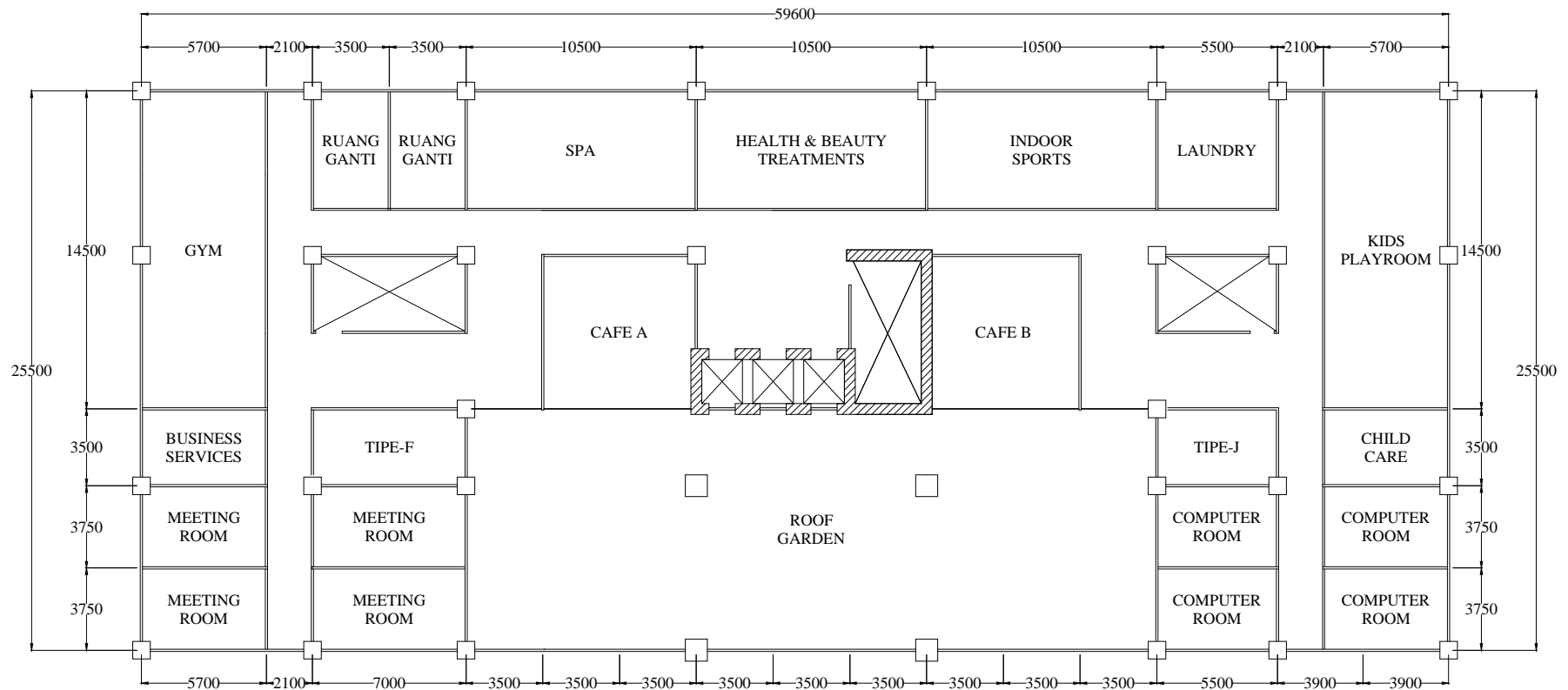
 DENAH ARSITEKTUR LT.1
SKALA 1:300





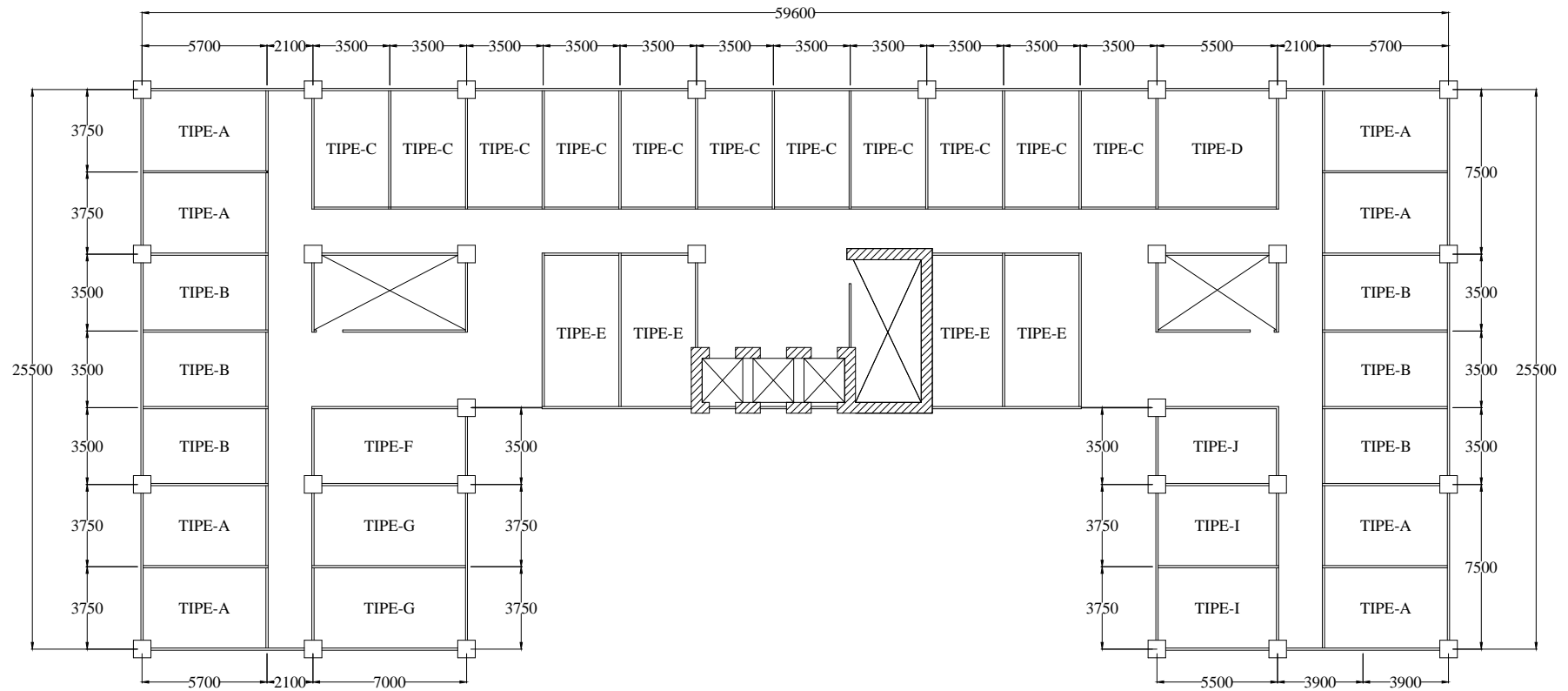
 **DENAH ARSITEKTUR LT.2 - LT.4**
SKALA 1:300





 **DENAH ARSITEKTUR LT.5**
SKALA 1:300





 **DENAH ARSITEKTUR LT.6-12**
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

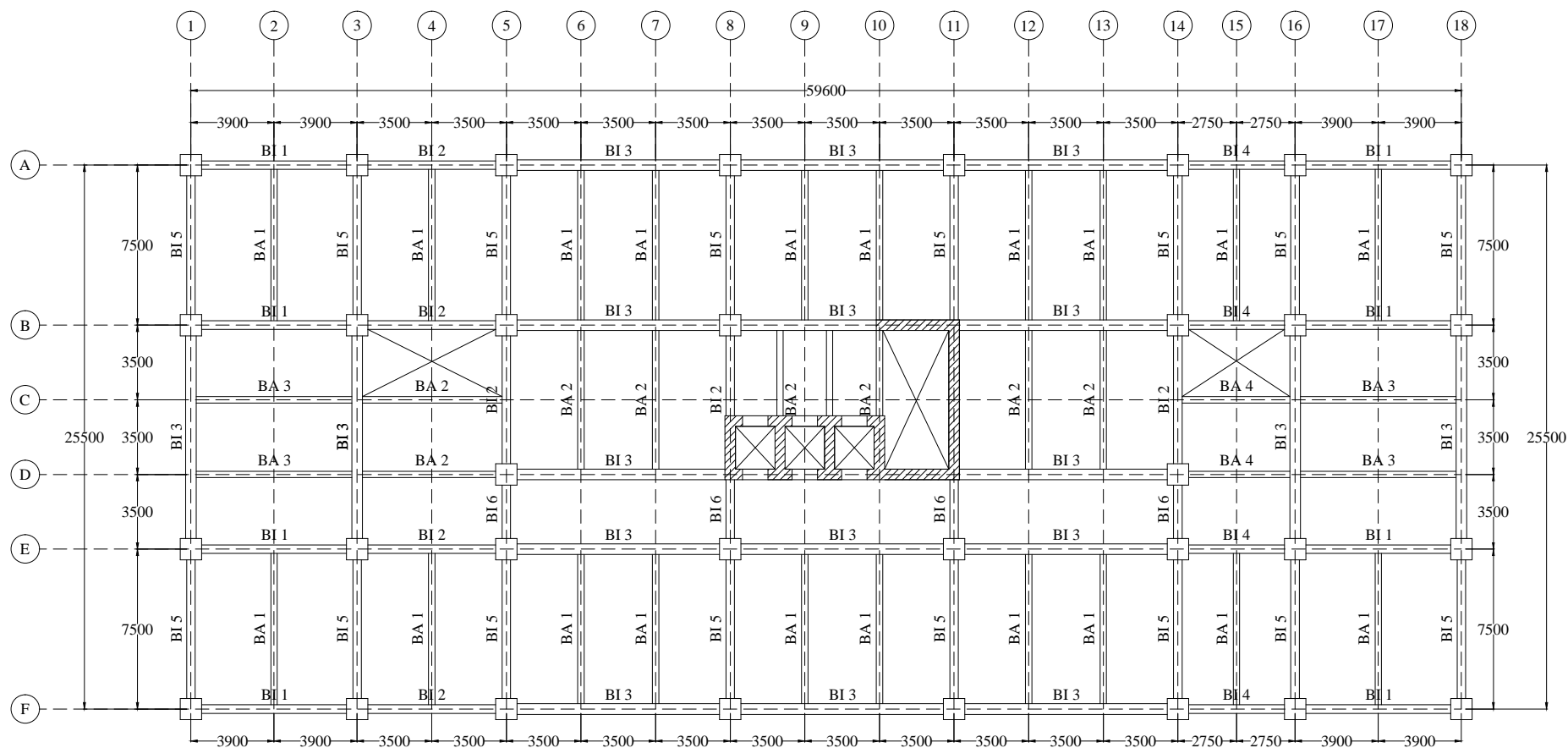
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

JUDUL GAMBAR


DENAH ARSITEKTUR
LT.6-12

NO / TOTAL LEMBAR

4 / 20



Balok Induk			Balok Anak		
No.	Tipe	Dimensi Balok (mm)	No.	Tipe	Dimensi Balok (mm)
1	BI1	400x700	1	BA1	300x550
2	BI2	400x700	2	BA2	300x550
3	BI3	500x750	3	BA3	300x550
4	BI4	400x700	4	BA4	300x550
5	BI5	400x700			
6	BI6	400x700			

 DENAH BALOK LT.1 - LT.5
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavier, S.T., M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

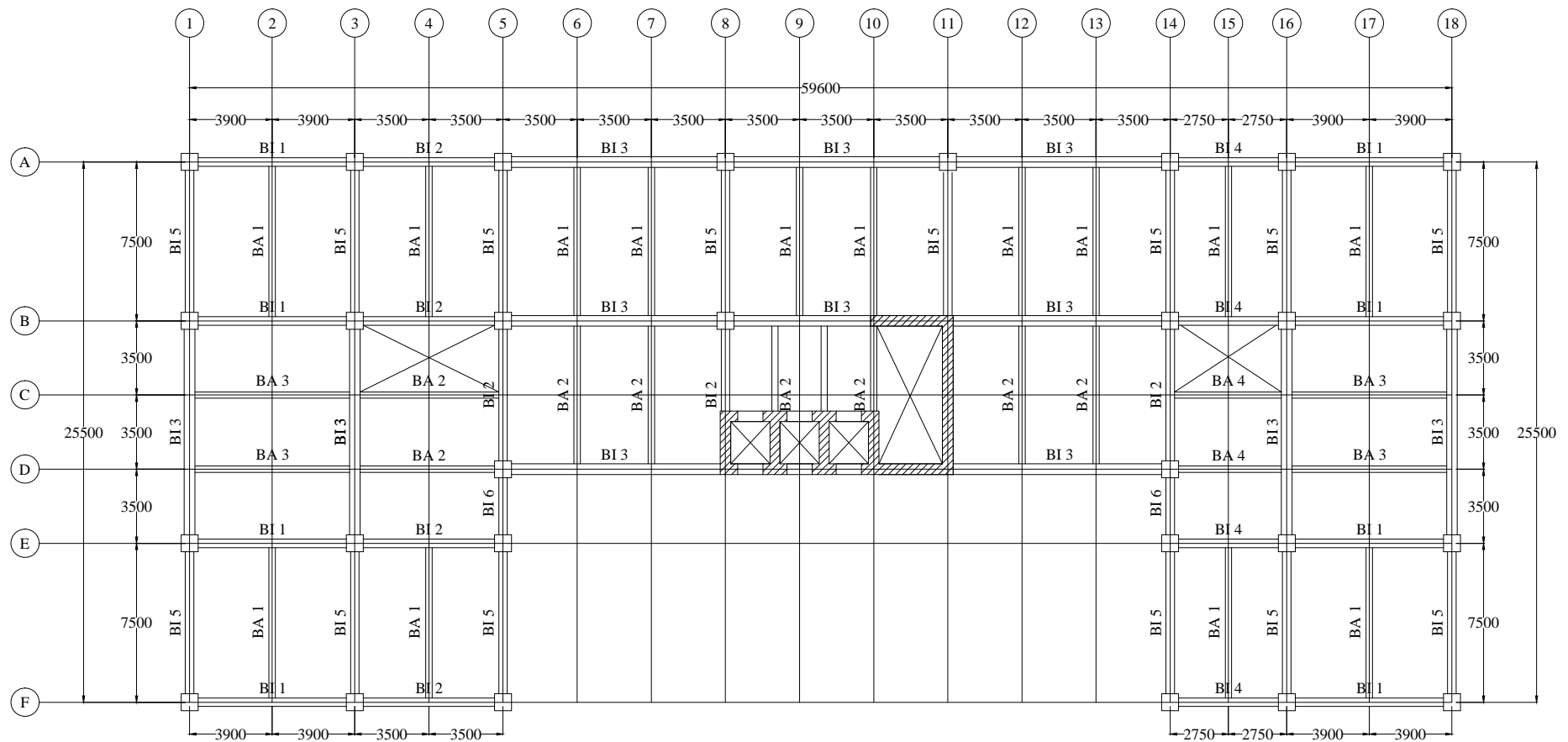
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

JUDUL GAMBAR


DENAH BALOK LT.1 -
LT.5

NO / TOTAL LEMBAR

5 / 20



Balok Induk			Balok Anak		
No.	Tipe	Dimensi Balok (mm)	No.	Tipe	Dimensi Balok (mm)
1	BI1	400x700	1	BA1	300x550
2	BI2	400x700	2	BA2	300x550
3	BI3	500x750	3	BA3	300x550
4	BI4	400x700	4	BA4	300x550
5	BI5	400x700			
6	BI6	400x700			

 DENAH BALOK LT.6 - LT.12
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

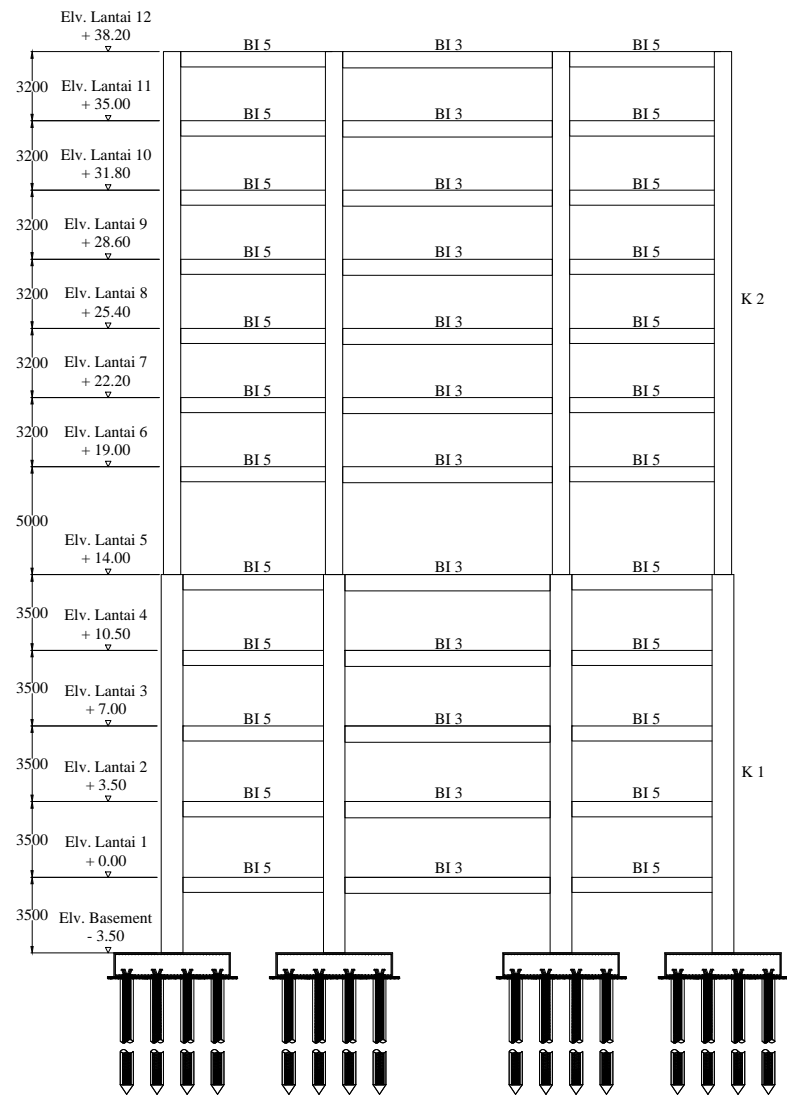
JUDUL GAMBAR


DENAH BALOK LT.6 -
LT.12 (ATAP)

NO / TOTAL LEMBAR

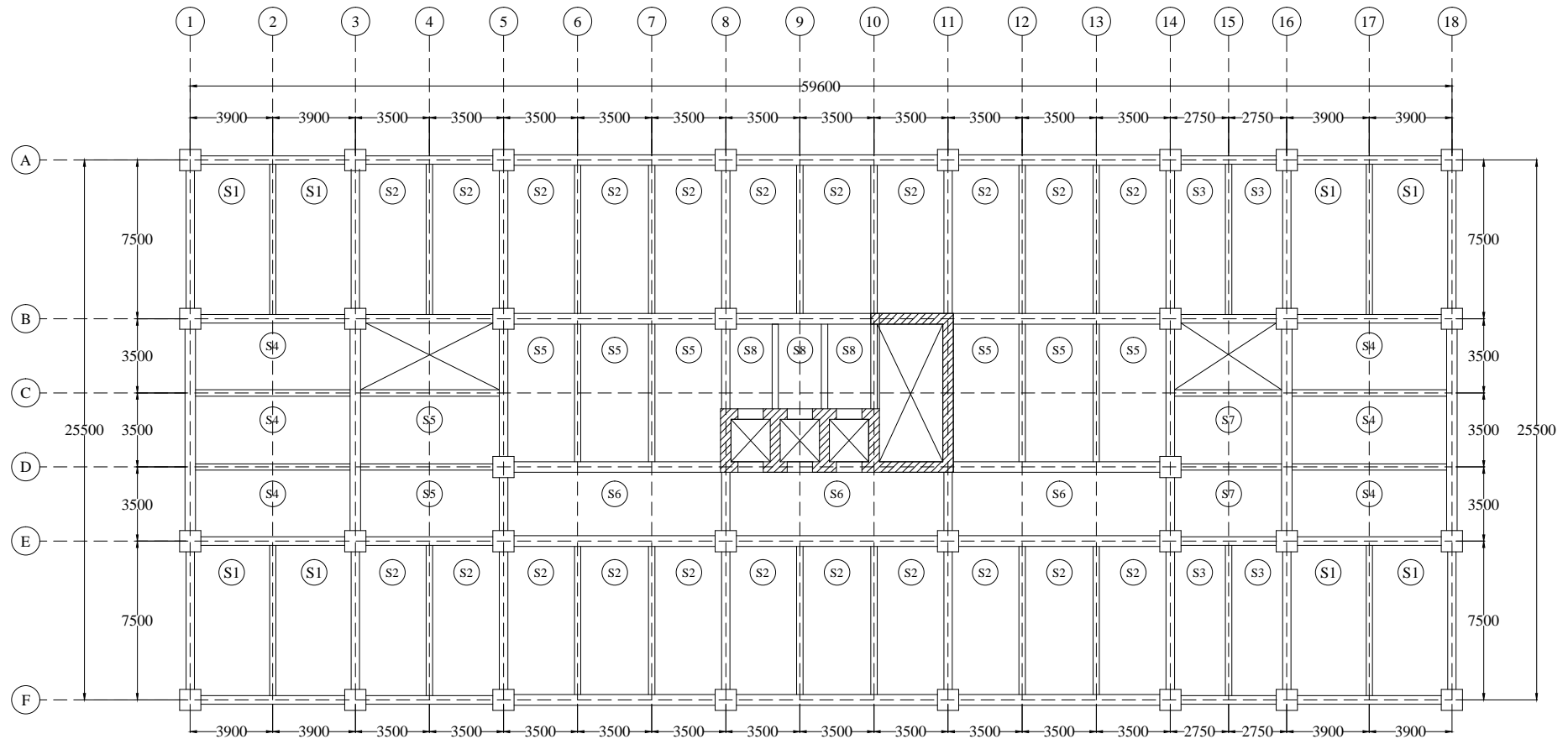
6 / 20





 **POTONGAN MELINTANG**
SKALA 1:350





Pelat			Pelat		
No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)	No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)
1	S1	3900x7500	5	S5	3500x7000
2	S2	3500x7500	6	S6	3500x10500
3	S3	2750x7500	7	S7	3500x5500
4	S4	3500x7800	8	S8	2337.5x4500


DENAH PELAT LT.1 - LT.5
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
 PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
 3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
 GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

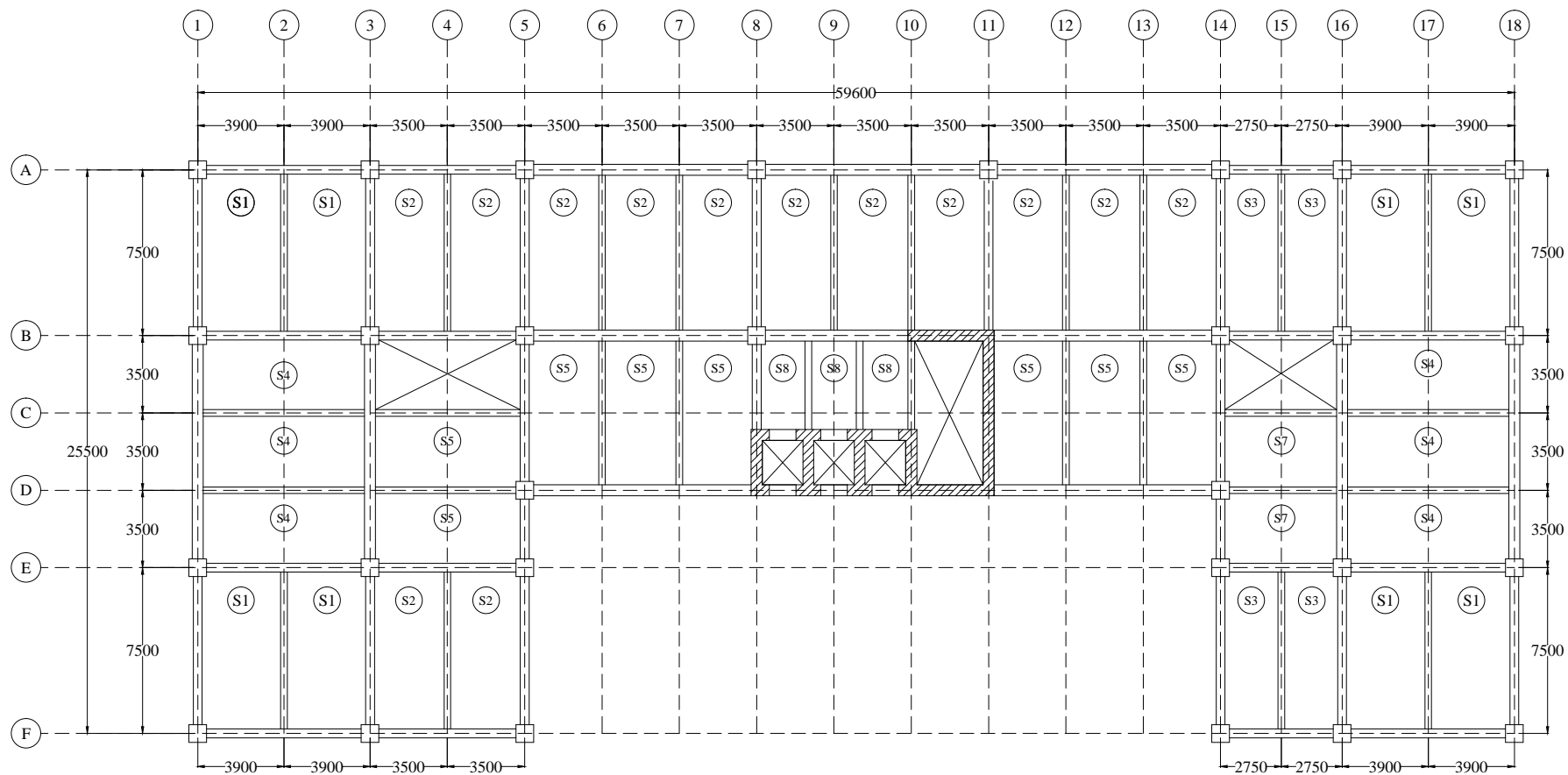
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

JUDUL GAMBAR


DENAH PELAT LT.1 -
 LT.5

NO / TOTAL LEMBAR

9 / 20



Pelat			Pelat		
No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)	No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)
1	S1	3900x7500	5	S5	3500x7000
2	S2	3500x7500	6	S6	3500x10500
3	S3	2750x7500	7	S7	3500x5500
4	S4	3500x7800	8	S8	2337.5x4500

 DENAH PELAT LT.6 - LT.12
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

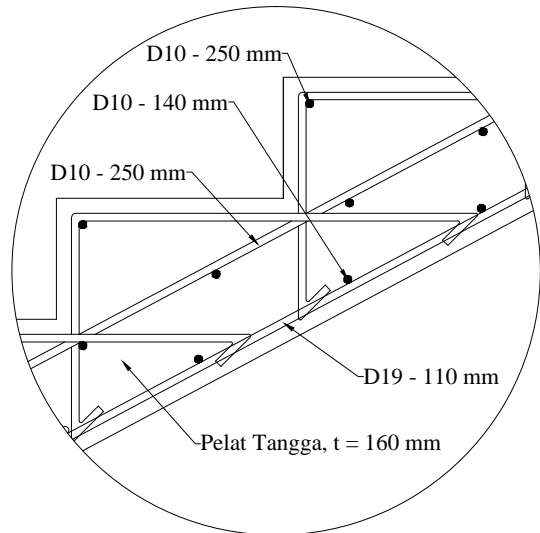
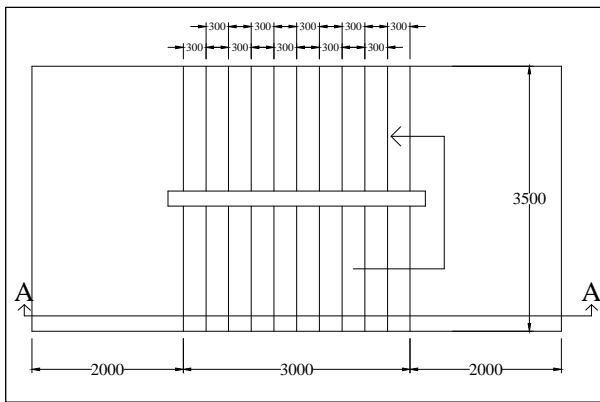
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

JUDUL GAMBAR

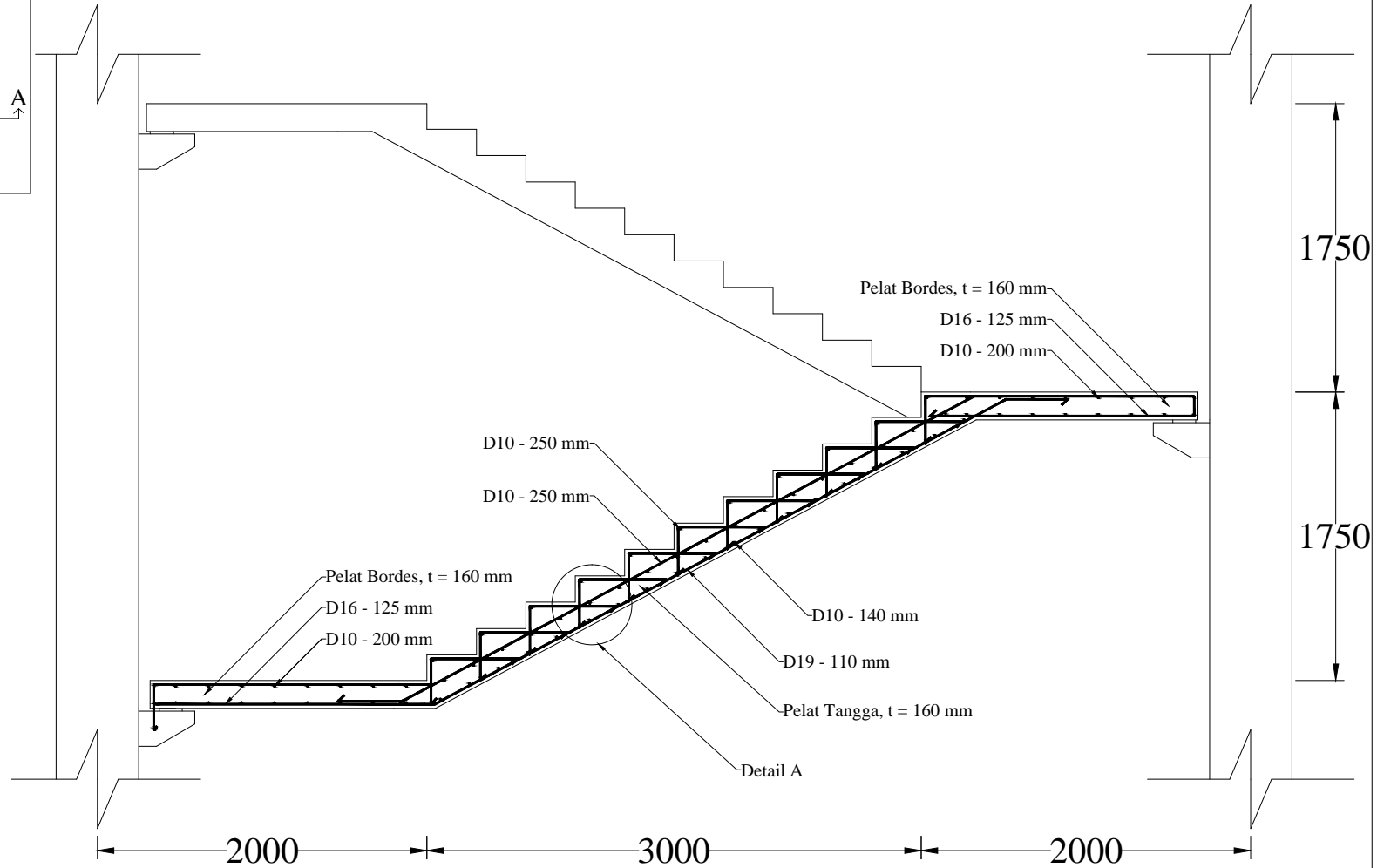
DENAH BALOK LT.6 -
LT.12

NO / TOTAL LEMBAR

10 / 20

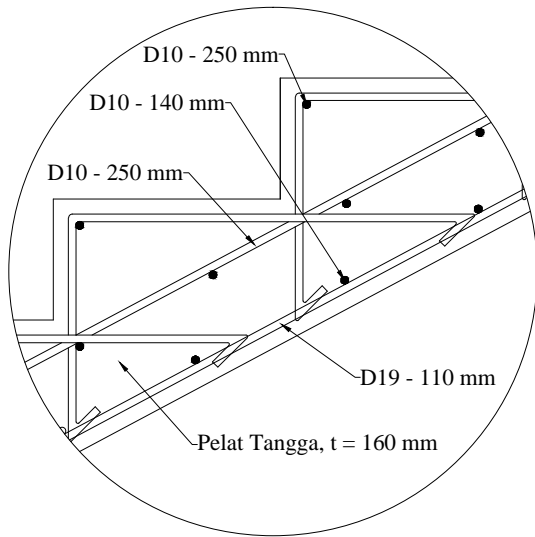
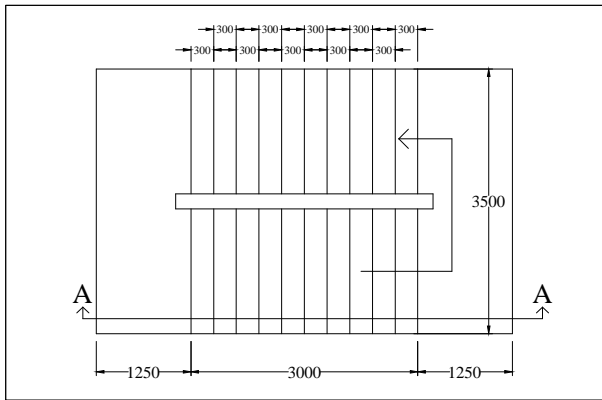


DETAIL A
SKALA 1:10

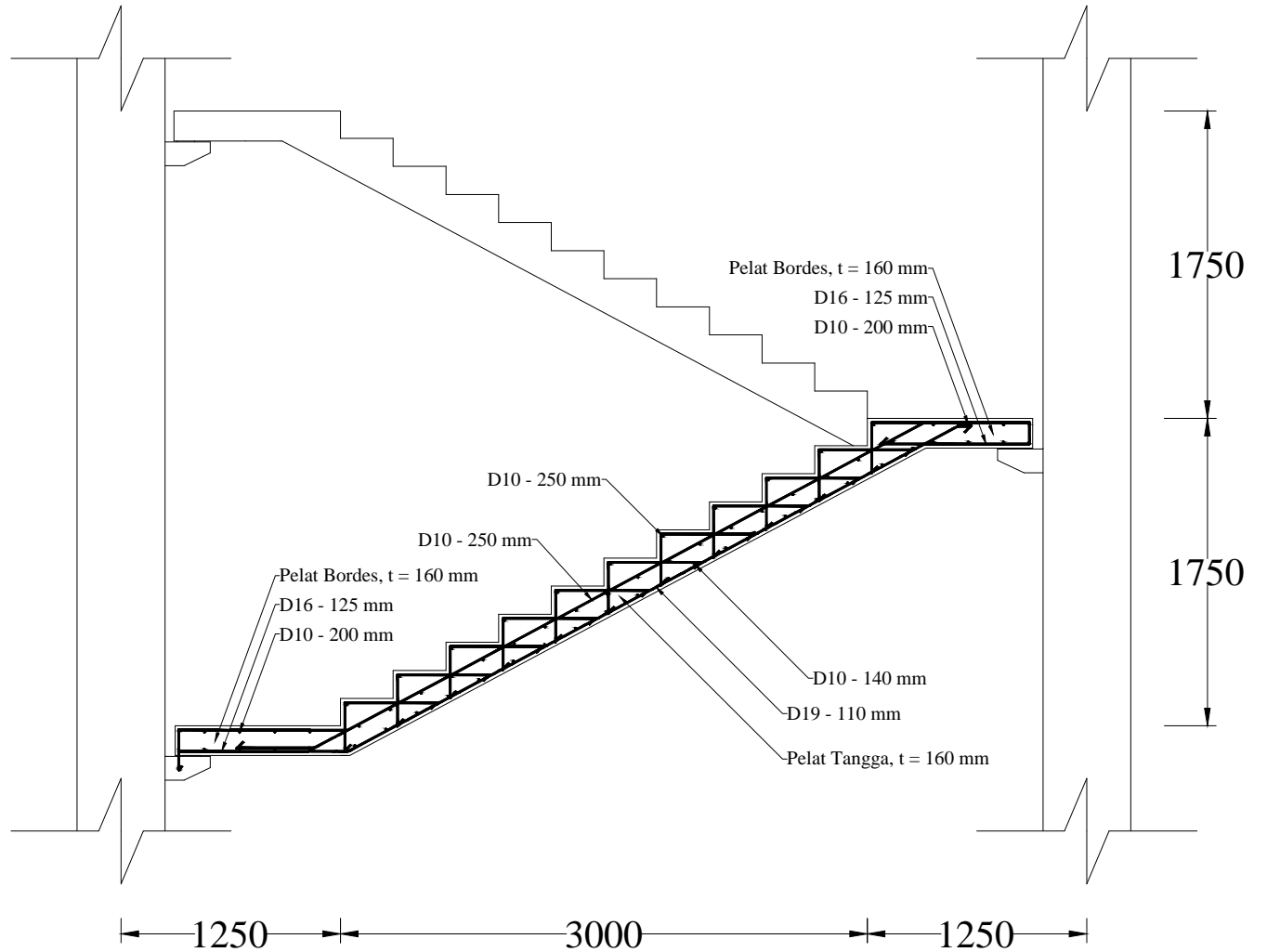


POTONGAN A-A
SKALA 1:40





DETAIL A
SKALA 1:10



POTONGAN A-A
SKALA 1:40



TYPE	S1	S2	S3
<p>1 ARAH</p> <p>$t = 12 \text{ cm}$</p>			
TULANGAN ARAH X	D8-125	D8-125	D8-125
TULANGAN ARAH Y	D8-150	D8-150	D8-150

REKAP PENULANGAN PELAT
 SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
 PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
 3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
 GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

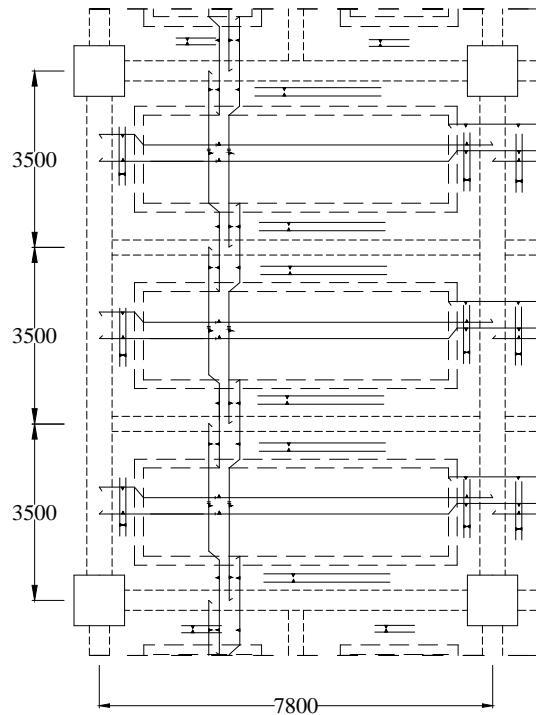
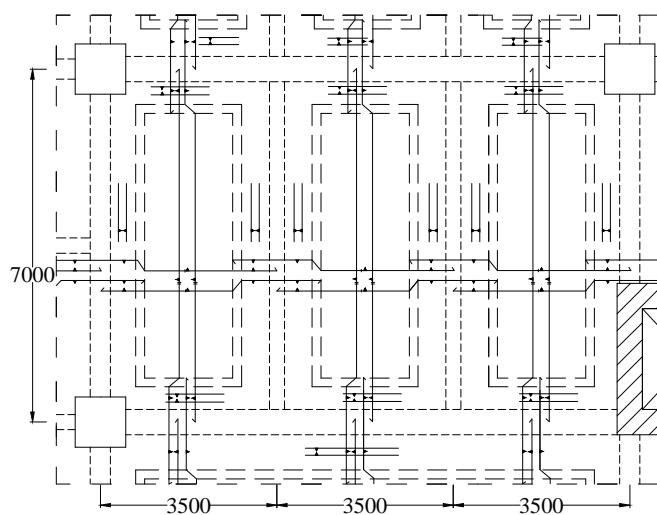
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)


JUDUL GAMBAR

REKAP
 PENULANGAN PELAT

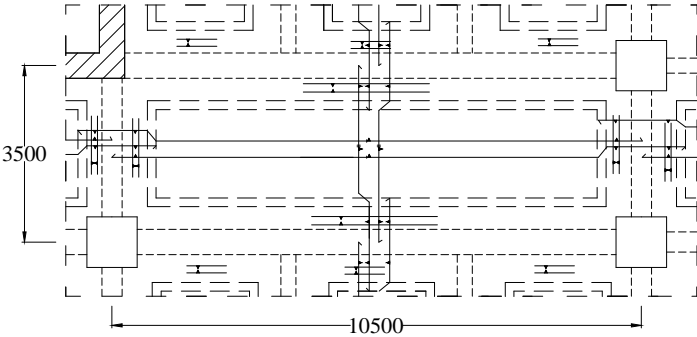
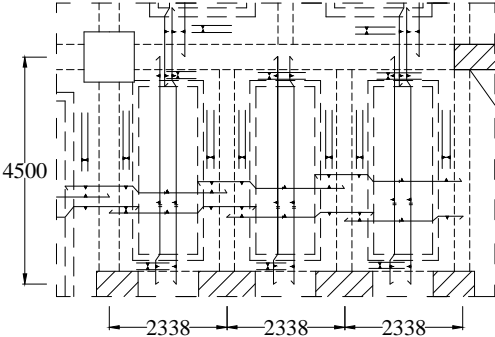
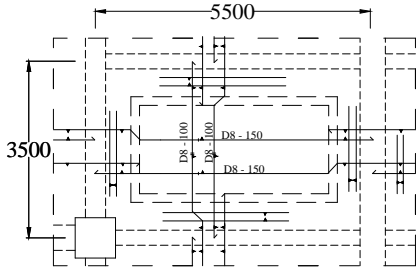
NO / TOTAL LEMBAR


13 / 20

TYPE	S4	S5
<div>1 ARAH</div> <div>t = 12 cm</div>		
TULANGAN ARAH X	D8-125	D8-125
TULANGAN ARAH Y	D8-150	D8-150

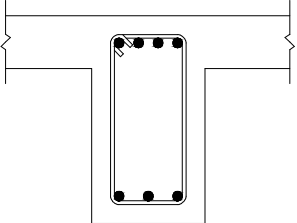
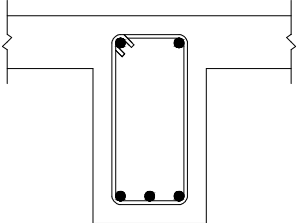
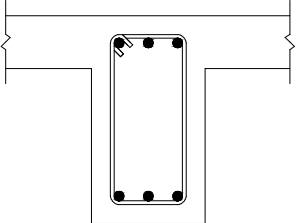
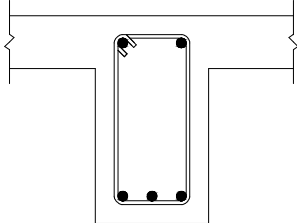
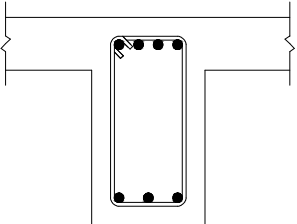
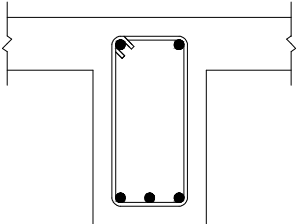
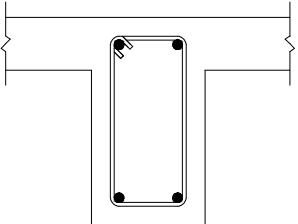
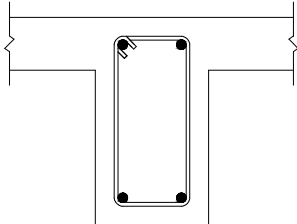

REKAP PENULANGAN PELAT
 SKALA 1:150





TYPE	S6	S8
1 ARAH $t = 12 \text{ cm}$		
TULANGAN ARAH X	D8-125	D8-125
TULANGAN ARAH Y	D8-150	D8-150
TYPE	S7	
2 ARAH $t = 12 \text{ cm}$		
TULANGAN ARAH X	D8-100	
TULANGAN ARAH Y	D8-150	

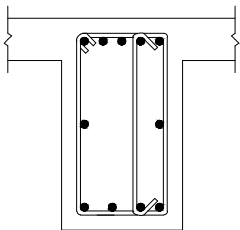
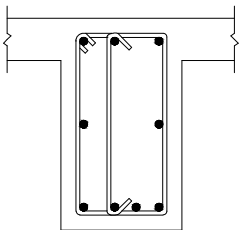
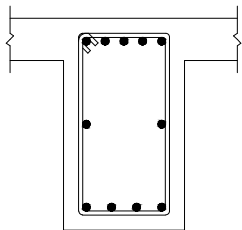
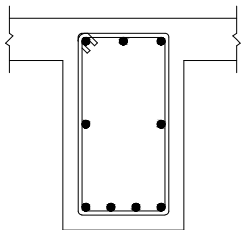
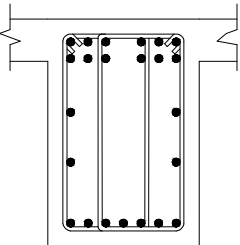
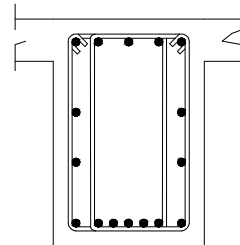
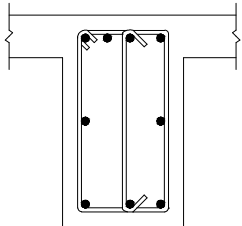
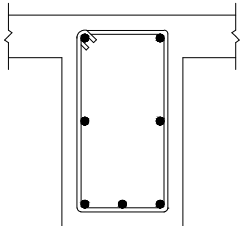

REKAP PENULANGAN PELAT
 SKALA 1:150



TYPE	BA1		BA2	
DIMENSI BXH(mm)	300 x 550		300 x 550	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	4D25	2D25	3D25	2D25
TUL. BAWAH	3D25	3D25	3D25	3D25
SENGKANG	2D10-100	2D10-100	2D10-100	2D10-100
TYPE	BA3		BA4	
DIMENSI BXH(mm)	300 x 550		300 x 550	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	4D25	2D25	2D25	2D25
TUL. BAWAH	3D25	3D25	2D25	2D25
SENGKANG	2D10-100	2D10-100	2D10-100	2D10-100

 **REKAP BALOK ANAK**
SKALA 1:20

 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FTSLK DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NO / TOTAL LEMBAR
	STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS 3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA	Hadiyoga Tjitro (03111540000061)	REKAP BALOK ANAK	16 / 20

TYPE	BI1		BI2	
DIMENSI BXH(mm)	400 x 700		400 x 700	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	5D25	3D25	5D25	3D25
TUL. BAWAH	4D25	4D25	4D25	4D25
TUL. PINGGANG	2D25	2D25	2D25	2D25
SENGKANG	3D13-100	3D13-150	2D13-100	2D13-110
TYPE	BI3		BI4	
DIMENSI BXH(mm)	500 x 750		400 x 700	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	12D25	5D25	4D25	2D25
TUL. BAWAH	7D25	7D25	3D25	3D25
TUL. PINGGANG	4D25	4D25	2D25	2D25
SENGKANG	4D13-100	4D13-120	3D13-100	2D13-120



REKAP BALOK INDUK
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

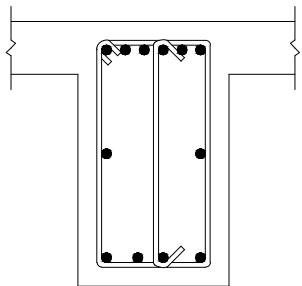
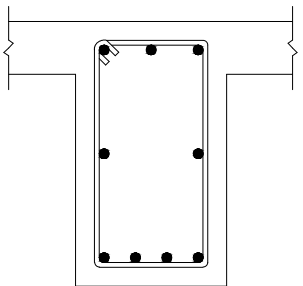
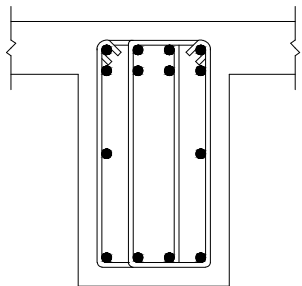
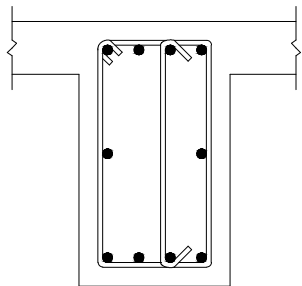
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)


JUDUL GAMBAR

REKAP BALOK
INDUK

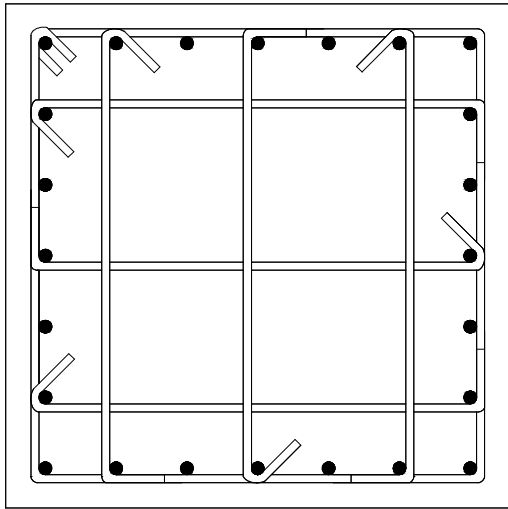
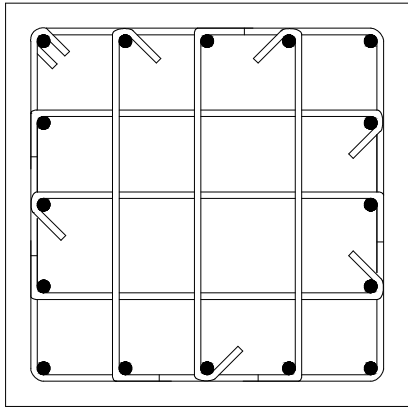
NO / TOTAL LEMBAR


17 / 20

TYPE	BI5		BI6	
DIMENSI BXH(mm)	400 x 700		400 x 700	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
TUL. ATAS	6D25	3D25	8D25	4D25
TUL. BAWAH	4D25	4D25	4D25	4D25
TUL. PINGGANG	2D25	2D25	2D25	2D25
SENGKANG	3D13-100	2D13-120	4D13-100	3D13-120

 REKAP BALOK INDUK
SKALA 1:20



TYPE	K1 (1000 x 1000)	K2 (800 x 800)
<p>K1 = Basement - LT.5</p> <p>K2 = LT.6 - LT.12</p>		
TULANGAN	24D25	16D25
SENGKANG	5D16-110/150	5D13-110/150


REKAP PENULANGAN KOLOM
 SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
 PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
 3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
 GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

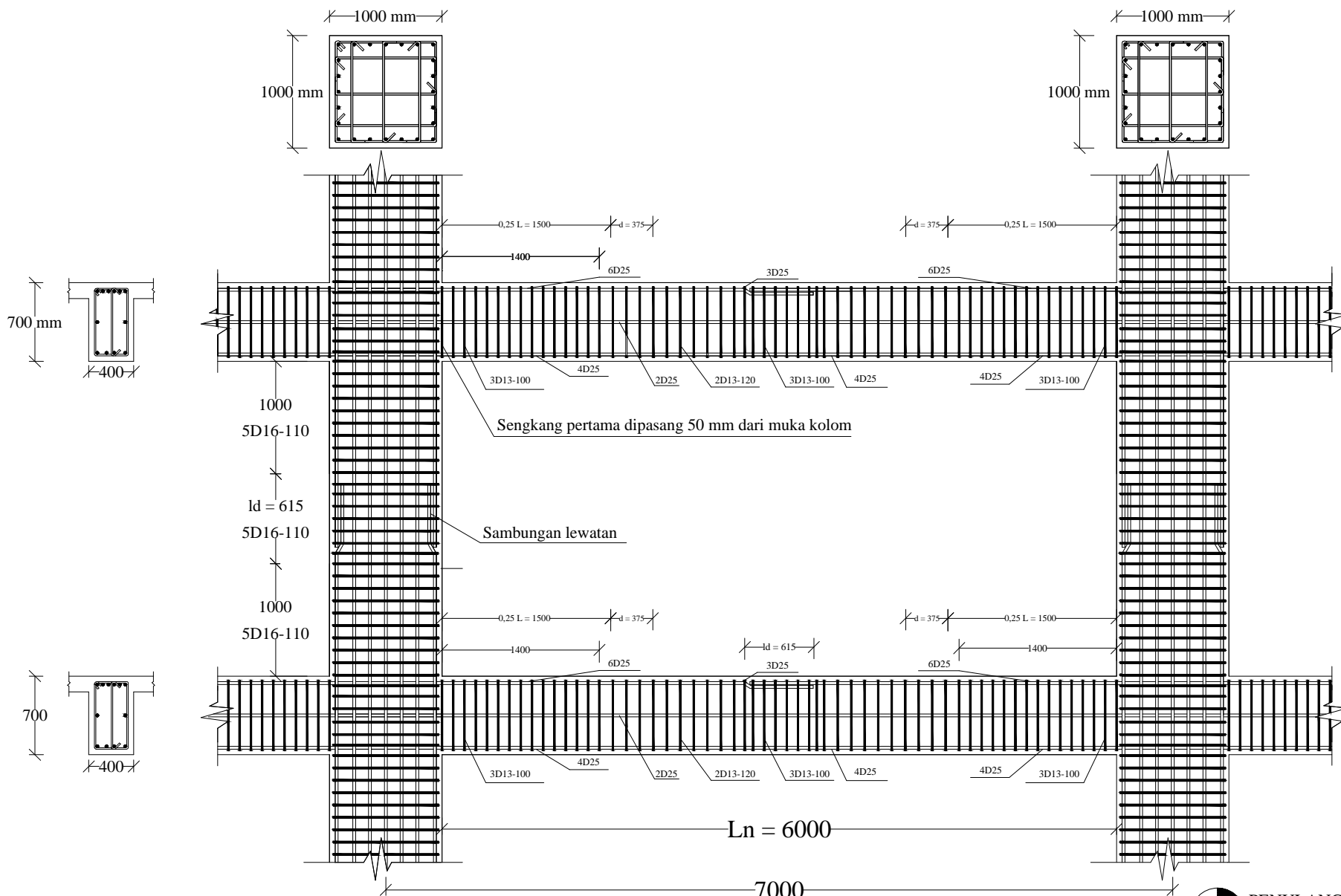
Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

JUDUL GAMBAR

REKAP PENULANGAN
 KOLOM

NO / TOTAL LEMBAR

19 / 20



PENULANGAN HBK
SKALA 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN
PERATURAN SNI2847:2013, ACI 318M:14, NZS
3101.1:2006, DAN EN 1992:2004 TERHADAP BEBAN
GEMPA PADA STRUKTUR GEDUNG THE ARUNDAYA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka DEA

MAHASISWA

Hadiyoga Tjitro (03111540000061)

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN HBK

NO / TOTAL LEMBAR

20 / 20

BIODATA PENULIS

Penulis yang bernama lengkap Hadiyoga Tjitro ini dilahirkan di Tangerang pada tanggal 06 Januari 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDK Sang Timur Ciledug Kota Tangerang, SMPK Sang Timur Ciledug Kota Tangerang dan SMAK Penabur Bintaro Jaya. Lulus dari SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 3113100061. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2019 dengan judul Tugas Akhir *“Studi Hubungan Balok Kolom dengan Peraturan SNI 2847:2013, ACI 318M:14, NZS 3101.12006, dan EN 1992:2004 terhadap Beban Gempa pada Struktur Gedung The Arundaya”*. Jika pembaca ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi melalui email: hadiyt14@gmail.com

